ECOLE NATIONALE VÉTERINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1970 No 4

LE YAOURT ET SES PROBLÈMES

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(Diplôme d'État)

Présentée et soutenue publiquement en Février 1970

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

BERTHEVAS François, Paul, Marie

né le 11 Septembre 1940, à Mespaul (Finistère)

JURY

Président M. ROUX, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs

M. LABIE Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

1970

IMPRIMERIE DOULADOURE
10. Rue du Chant-du-Merle
TOULOUSE

Le Yaourt et ses Problèmes

ECOLE NATIONALE VÉTERINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1970 No 4

LE YAOURT ET SES PROBLÈMES

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(Diplôme d'État)

Présentée et soutenue publiquement en Février 1970

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

BERTHEVAS François, Paul, Marie

né le 11 Septembre 1940, à Mespaul (Finistère)

JURY

Président M. ROUX, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs

M. LABIE Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

1970

IMPRIMERIE DOULADOURE
10. Rue du Chant-du-Merle
TOULOUSE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : M. FLORIO.

Directeurs Honoraires : MM. PONS - DARRASPEN.

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie-Toxicologie :

— Professeur titulaire ..... **M. Godfrain**
— Maître-Assistant ..... **Mme Burgat-Sacaze**

Pharmacie - Toxicologie

Chaire de Physique-Chimie Biologiques et Médicales :

— Professeur titulaire ..... **M. Rico**
— Maître-Assistant ..... **M. Lorgue**

Physique - Chimie Biologiques et Médicales

Chaire d'Anatomie des animaux domestiques :

— Professeur titulaire ..... **M. Pavaux**

Anatomie descriptive appliquée - Extérieur

Chaire de Physiologie - Thérapeutique :

— Professeur titulaire ..... **M. Ruckebusch**
— Maître-Assistant ..... **M. Fargeas**

Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie

Chaire d'Histologie - Anatomie Pathologique :

— Professeur Titulaire **M. Van Haverbeke**
— Maître de Conférences non Chef de Service ..... **M. CABANIE**

Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique

Chaire d'Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'origine animale :

— Professeur titulaire ..... **M. Labie**
— Maître-Assistant ..... **M. Eeckhoutte**

Inspections des viandes - Inspection du lait

Chaire de Parasitologie :

— Professeur titulaire ..... **M. Brizard**
— Maître-Assistant ..... **M. Dorchies**

Zoologie appliquée - Parasitologie externe
Parasitologie interne - Clinique

Chaire de Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores :

— Professeur titulaire ..... **M. Florio**
— Maître de Conférences, non chef de service, Professeur sans chaire **M. Lescure**
— Maître-Assistant ..... **M. Guelfi**

Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire - Clinique

Chaire de Pathologie Médicale du Bétail et des animaux de basse-cour :

— Professeur titulaire ..... **M. Tournut**
— Maître de Conférences non Chef de Service ..... **M. ESPINASSE**

Pathologie Médicale du Bétail
et des Animaux de basse-cour
Clinique interne - externe

Chaire de Pathologie Chirurgicale :

— Professeur titulaire ..... **N.**
— Maître-Assistant ..... **M. Cazieux**

Technique Chirurgicale
Pathologie Chirurgicale clinique

Chaire de Pathologie de la Reproduction :

— Professeur titulaire ..... **M. Berthelon**
— Maître de Conférences, non Chef de Service, Professeur sans chaire **M. Royal**

Obstétrique - Pathologie de la Reproduction
Clinique interne - externe

Chaire de Pathologie des Maladies Contagieuses :

— Professeur titulaire ..... **M. Saurat**
— Maître-Assistant ..... **M. Chantal**

Maladies contagieuses - Zoonoses
Législation sanitaire

Chaire de Pathologie Générale :

— Professeur titulaire ..... **M. Lautié**

Pathologie Générale - Microbiologie - Immunologie

Chaire de Zootechnie et d'Economie Rurale :

— Professeur titulaire ..... **M. Queinnec**
— Maître-Assistant ..... **M. Darre**

Ethnologie - Hygiène - Zootechnie - Economie rurale

Chaire d'Alimentation :

— Professeur titulaire ..... **M. Faliu**
— Maître-Assistant ..... **M. Griess**

Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation

COURS COMPLÉMENTAIRES — CHARGÉS D'ENSEIGNEMENT

Antibio-thérapie des Maladies infectieuses	MM. MONNIER
Aspect médical des Zoonoses	Armengaud
Energétique et Métabolismes	Labouche
Initiation à l'informatique biomédicale	Fernet
Agronomie	Brisebois
Les Marchés internationaux de l'Elevage	Blanc
Organisation de l'Elevage bovin	Sablayrolles
Responsabilité Civile et Pénale du Vétérinaire-Inspecteur des Denrées alimentaires	Linon
Rôle économique des collectivités locales	Eeckhoutte
Rentabilité de l'élevage	ROUCH

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (Délibération de la Faculté, en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole, en date du 13 juin 1924).

UNIV. LIEGE BIBL.

A MON ÉPOUSE

En gage d'amour et de reconnaissance.

A MES PARENTS

Puisse ce modeste travail être un témoignage de mon affection et de ma reconnaissance, en gage des sacrifices qu'ils se sont imposés pour moi.

A MES FILS, A MA FILLE

Avec toute mon affection.

A TOUS MES PROCHES

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE :

A MONSIEUR LE PROFESSEUR ROUX

de la Faculté de Médecine de Toulouse.

Qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury.
Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THÈSE :

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LABIE

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Dont les enseignements nous ont été si précieux pour la rédaction de cet ouvrage.

L'expression de notre admiration pour sa haute conscience professionnelle.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FALIU

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Qui a accepté de participer à notre jury de thèse.

Sentiments de respectueuse gratitude.

PLAN

LE YAOURT ET SES PROBLÈMES

Les aspects techniques, économiques et hygiéniques de la production du « YAOURT FERMIER »

INTRODUCTION.

PREMIÈRE PARTIE

LE YAOURT OU YOGHOURT

— Définition.
— Historique.

A) *Aspects généraux.*

1. Principe de fabrication :
   a) bases microbiologiques du « Caillage »;
   b) bases physico-chimiques.
2. Technique de fabrication :
   a) la culture des souches;
   b) les étapes de la fabrication;
   c) la conservation.

B) *Aspects qualitatifs.*

1. Les caractères organoleptiques :
   a) problèmes de la consistance;
   b) problèmes du goût;
   c) défauts de fabrication.
2. Valeur nutritive et thérapeutique.

C) *Aspects hygiéniques et sanitaires.*

1. La législation.
2. Moyens de contrôle : les analyses.
3. Quelques résultats.

Deuxième partie

ASPECTS TECHNIQUES, HYGIÉNIQUES ET ÉCONOMIQUES DE LA FABRICATION DE YAOURT FERMIER

I. *Définition et origine de cette production.*

II. *Aspects techniques.*

A) *Les matières premières :*

— le lait;

— la poudre de lait;

— les cultures pour ensemencement.

B) *Matériel spécifique pour la fabrication de yaourt :*

— matériel de chauffage et de refroidissement du lait fermier;

— matériel pour l'emplissage des récipients;

— étuve à yaourts;

— capsules et capsuleuses.

C) *La fabrication.*

III. *Aspects économiques.*

A) *Frais d'investissement.*

B) *Coût de la matière première.*

C) *Prix de revient d'un yaourt.*

D) *Bénéfices réalisés.*

IV. *Aspects hygiéniques et qualitatifs.*

CONCLUSION.

INTRODUCTION

Il y a maintenant soixante ans, METCHNIKOV introduisait en Europe Occidentale l'usage du yaourt en faisant connaître à un large public les bienfaits qu'on pouvait tirer de sa consommation régulière.

Il avait constaté une longévité extraordinaire chez les habitants du Caucase qui se nourrissaient presque exclusivement de laits fermentés.

Les théories de l'auteur sur la vieillesse prématurée subirent l'usure du temps et tombèrent peu à peu dans l'oubli, mais la vogue du yaourt ne fit que s'amplifier et il faut reconnaître qu'aujourd'hui ce produit tient une place de choix dans la gamme étendue des dérivés du lait.

Il y a de bonnes raisons de penser que le yaourt tiendra une place plus importante encore dans l'alimentation des générations futures. Les hommes disposant d'une nourriture importante vont choisir l'aliment susceptible de leur apporter, soit une meilleure santé, soit une satisfaction gastronomique, soit encore une curiosité alimentaire.

Les inconvénients d'une nourriture dénaturée par l'usage généralisé d'antiseptiques ou d'agents conservateurs de toutes espèces, et demain il s'agira de nourriture synthétique, devront être combattus de plus en plus vigoureusement.

Le yaourt, « aliment vivant » par excellence, pourra avoir, à cet égard, un rôle essentiel à jouer.

Pour toutes ces raisons, depuis une génération et plus particulièrement depuis une dizaine d'années, on a vu fleurir un peu partout en Europe, comme en Amérique, la nouvelle industrie du yaourt et la consommation a décuplé depuis quelques années.

Sur les traces des importantes laiteries, beaucoup de producteurs laitiers ont à leur tour, dans nos campagnes, eu l'idée de commercialiser eux-mêmes ce nouveau dérivé du lait.

Nous allons, en un premier point, dégager les caractères généraux de la production de yaourt, puis nous verrons les problèmes spéciaux posés par la fabrication de yaourt fermier ainsi que les avantages, les inconvénients, l'avenir et la limite de cette spéculation à petite échelle.

Première partie

LE YAOURT OU YOGOURT

DÉFINITION.

Le yaourt ou yogourt est un lait acidifié obtenu à partir de la fermentation lactique du lait de chèvre, de brebis ou de vache. Une définition plus complète en a été donnée par la circulaire Ministérielle du 13 mai 1953.

Le yaourt ou yogourt est un produit laitier préparé à partir de lait ou de lait partiellement écrémé ou totalement écrémé, pasteurisé, homogénéisé ou non, concentré ou non, coagulé exclusivement par fermentation lactique obtenue par ensemencement à l'aide des deux seuls ferments lactiques spécifiques, Thermobacterium bulgaricum et Streptococcus thermophilus.

Le développement constant de la consommation et de la concurrence a amené une certaine publicité à créer de nouvelles dénominations telles celle de « biogourt » ou encore « yaourt au goût bulgare ». Nous verrons plus loin ce qu'il convient d'en penser.

RAPPEL HISTORIQUE.

L'origine de la fabrication du yaourt se perd dans la nuit des temps, mais le mot yaourt a, par contre, une éthymologie connue : ce serait le nom turc donné au lait caillé bulgare; il daterait de l'époque où la Bulgarie se trouvait sous le joug ottoman.

Il semble, en fait, que le yogourt était préparé de longue date en Bulgarie, mais principalement à partir de lait de brebis, et ceci avant l'invasion ottomane.

Il tire son origine d'une tribu nomade dont les descendants feraient partie des ancêtres du pays bulgare.

Le yogourt est devenu là-bas la nourriture nationale et sa consommation représente 70 % de la consommation totale de lait. Chaque ménagère possède d'ailleurs le secret de fabrication et on peut voir dans chaque foyer les différents ustensiles destinés à sa fabrication.

La civilisation industrielle n'a donc fait que normaliser la fabrication d'un produit qui existait depuis longtemps. Bien plus, si ce produit était surtout consommé sous sa forme naturelle, déjà, dans son pays d'origine, on y ajoutait des fruits sucrés, fraises, framboises ou cerises. Le produit, ainsi obtenu servait alors de rafraîchissement.

L'acidification du lait représentait une nécessité à une époque où on ne connaissait pas de procédé plus moderne de conservation. Dans presque tous les pays d'Europe, cette nourriture à base de lait acidifié était la règle mais elle présentait des variantes, selon les régions, selon la provenance du lait ou encore selon l'orientation donnée à la fermentation.

Dans le Caucase, par exemple, on consommait comme boisson le « Kefir », lait de jument ayant subi une fermentation essentiellement alcoolique.

En Asie Centrale et en Russie, on fabriquait le « Koumis ». La fermentation alcoolique est encore responsable de la formation du « Lében » apprécié des Egyptiens.

Ailleurs, on trouve encore des produits tels que le « Mass Masoum » ou le « Kiodou ».

Nous voyons que ces dérivés du lait de nombreuses femelles domestiques jouissaient d'une grande vogue dans les pays à civilisation pastorale.

Dans cette étude, nous nous bornerons au produit issu du seul lait de vache.

A) ASPECTS GÉNÉRAUX

I. *Principe de la fabrication.*

Il est un fait d'observation courante, qu'un lait frais abandonné sans autre précaution que celle d'une température convenable se prend spontanément en masse au bout de quelques heures. Cette prise en masse est couramment appelée « caillage du lait ».

Le caillage est provoqué par la précipitation de la caséine toujours présente dans le lait, sous l'influence d'une acidification du milieu résultant de la dégradation du lactose en acide lactique.

a) *Bases microbiologiques du caillage.*

La dégradation du lactose, qui va conduire partiellement à la formation d'acide lactique, est assurée lors du développement de nombreux germes microbiens.

Ce phénomène spontané se produit chaque fois que des conditions de température particulières se trouvent respectées. Ceci tend à prouver que les germes capables d'une telle transformation sont nombreux et largement répartis dans la nature et en particulier dans le lait où leur présence est toujours assurée; on les rencontre, en effet, dans de nombreuses plantes herbacées, fourragères ou non, ainsi que dans les sols.

Ces microbes constituent la flore normale des laits; ce sont les ferments lactiques, microorganismes de la famille des Lactobacillaceae.

Ce sont des germes à Gram positif, immobiles ou peu mobiles, non sporulés, se développant mal en surface. Ils fermentent le lactose en donnant de l'acide lactique et des déchets divers : gaz carbonique, alcool, corps cétoniques et des acides volatils.

Selon la proportion d'acide lactique produit, ils se différencient en homofermentaires ou hétérofermentaires, ces derniers donnant des produits très divers outre l'acide lactique.

Les microorganismes de cette famille se classent en deux tribus : les Steptococceae et les Lactobacilleae.

— *Les Streptococceae.*

Les germes de l'espèce Streptococcus lactis sont des cocci de un demi à un micron de diamètre, dont les éléments cellulaires peuvent être groupés soit par paire soit en courte chaîne. Ils ne cultivent qu'à une température supérieure à 10°C en présentant un optimum entre 30 et 40°C. Une température de 45°C arrête la culture, ces germes ne survivent donc pas à la pasteurisation. Leur action sur le lait se traduit par une acidification entraînant la formation d'un caillot homogène.

Streptococcus cremoris est un microorganisme de taille légèrement supérieure au précédent, pouvant être cultivé jusqu'à + 3°C. La culture se trouve arrêtée à partir de 40°C.

On rencontre également Streptococcus diacetilactis dont la culture fait apparaître en plus de l'acide lactique, du gaz carbonique et de l'acétoïne, dérivé aromatique responsable de l'arôme du beurre.

Plus important pour nous, un germe thermorésistant, Streptococcus thermophilus, qui cultive très bien à des températures élevées. Il résiste à la pasteurisation basse, à un chauffage de 30 mn à 60°C. Il est en partie responsable de la production de yaourt.

— *Les Lactobacilleae.*

Les germes du genre Lactobacillus se présentent sous forme de bacilles de 3 à 4 microns, rectilignes ou incurvés, isolés ou par 2 ou 3 ou en chaînettes.

Certains de ces germes ont la propriété s'acidifier le lait après que les streptocoques ont arrêté leur action acidifiante car ils sont insensibles à l'acidification du milieu jusqu'au pH de 3,5 environ.

Il s'agit, en particulier, de Lactobacillus Yugurt, Lactobacillus caucasicus et bulgaricus qui sont responsables en pratique de la production des laits acidifiés en général; le dernier contribue spécifiquement à la préparation des yoghourts.

D'autres germes du même genre ont une action protéolytique sur la caséine qu'ils transforment en divers produits sapides recherchés dans certains cas.

— *Remarque.*

Outre les germes de ces deux familles, nous devons encore noter la présence dans les laits normaux de Levures et Moisissures diverses.

Les levures sont essentiellement représentées par les Saccharomyces responsables d'une fermentation acide et alcoolique du lait de jument, aboutissant à la formation d'un produit mousseux et alcoolisé, le « Koumys ».

On rencontre également Torula Cremoris, ferment de la maturation des crèmes.

Parmi les moisissures, on relève la présence de Mucor, de Penicillium, Aspergillus et Oidium lactis, indispensables à la maturation de certains fromages.

En présence d'une telle gamme de germes à action diverse et toujours présents dans le lait, nous devinons les difficultés qu'il faudra surmonter afin d'établir un produit de caillage toujours identique à lui-même et présentant des propriétés organoleptiques analogues.

De nombreuses méthodes ont été mises au point d'une manière empirique en Europe Centrale et en Asie Mineure, depuis des temps immémoriaux, pour obtenir les différents laits acidifiés.

Les Bulgares laissaient du lait non bouilli coaguler entre 42 et 45°C, puis ils l'ajoutaient à plusieurs reprises à du lait bouilli et ils maintenaient le mélange à la même température de 42 à 45°C.

Dans ces conditions, les bactéries lactiques désirables, à savoir Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus, prennent le dessus au détriment de Streptococcus lactis ou cremoris et même de certains microbes pathogènes rencontrés dans certains laits.

Les Bulgares, en opérant de cette façon, fabriquaient une « levure naturelle » pour préparer leur yoghourt, sans se rendre compte qu'ils faisaient un choix de bactéries lactiques.

b) *Bases physico-chimiques du caillage.*

C'est principalement à partir de deux composants importants du lait, le lactose puis la caséine que vont se dérouler les processus physiques et chimiques responsables du caillage.

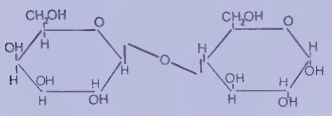
— *Le lactose.*

Le lactose est le glucide essentiel du lait; sa teneur varie entre 47 et 52 g par litre.

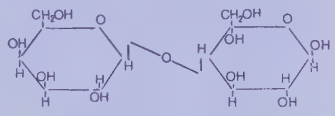
C'est un glucide réducteur du groupe des diholosides donnant par hydrolyse une molécule de glucose et une molécule de galactose selon la réaction :

$$C_{12}H_{22}O_{11},\ H_2O \rightarrow \underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{galactose}}{C_6H_{12}O_6}$$

Le lactose existe sous deux formes chimiques α et β.



Lactose α
(β galactosido 4 - α glucose)



Lactose β
(β galactosido 4 - β glucose)

La molécule de lactose étant asymétrique présente un pouvoir rotatoire.

Le lactose se trouve dans le lait à l'état de solution vraie. Il est sensible à la chaleur. Entre 110 et 130°C la forme hydratée perd son eau de cristallisation. Au-delà de 150°C on observe un jaunissement, puis vers 170°C un brunissement prononcé dû à la formation d'un caramel.

On peut voir apparaître à des températures beaucoup moins élevées un brunissement qui n'est plus une caramélisation, mais une réaction du sucre avec les matières azotées, entraînant l'apparition de composés bruns réducteurs, appelés mélanoïdines. Cette réaction fort complexe et encore peu connue est appelée réaction de Maillard.

Elle est catalysée par le fer, le cuivre et les phosphates.

Le lactose est fermetescible. Sous l'action des microorganismes et en particulier des bacilles lactiques dont nous avons parlé plus haut, il peut se transformer en divers produit d'intérêt variable.

L'évolution la plus fréquente et la plus importante pour nous est la transformation du lactose en acide lactique :

$$C_{12}H_{22}O_{11},\ H_2O \rightarrow 4\ (CH_3 — CHOH\text{-}COOH)$$

acide lactique

Cette réaction s'accompagne en général de la production de substances secondaires en quantité plus ou moins grande selon les germes responsables de la dégradation et les conditions dans lesquelles ils agissent. Parmi ces substances, certaines jouent un rôle notable dans la formation de l'arôme des produits laitiers : l'acétyl méthylcarbinol et le diacétyle.

L'acide lactique peut ensuite se transformer en acide propionique et gaz carbonique sous l'action des bactéries propioniques.

De même, il donne par action de germes anaréobies du type Clostridium, l'acide butyrique à odeur désagréable compromettant gravement les qualités organoleptiques des produits.

Le lactose peut subir également la fermentation alcoolique s'il est attaqué par les levures pourvues d'une lactase hydrolysant le sucre en glucose et galactose. C'est ce processus qui est recherché lors de la fabrication du kéfyr, par exemple.

Pour orienter la transformation du substrat que représente le lactose vers la dégradation pratiquement exclusive en acide lactique, il faudra choisir les souches microbiennes pures, et éloigner les microbes susceptibles de fournir d'autres corps indésirables.

L'acide lactique ainsi produit agira, à son tour, sur la caséine.

La caséine.

La caséine est une phospho-protéine caractéristique du lait, de poids moléculaire compris entre 75 000 et 100 000, comprenant une vingtaine d'acides aminés et en particulier tous les acides aminés insispensables. L'acide glutamique et hydroxyglutamique représentent 35 % des acides aminés du lait.

La caséine se trouve sous forme d'une solution colloïdale qui concourt à donner au lait sa coloration blanche. Cette solution est formée à partir de grosses micelles sphériques dont la taille varie en fonction de la teneur du lait en calcium ionisé; lorsque le taux de calcium augmente, la taille des micelles croît, le calcium formant un pont entre les différentes micelles. De ce fait, la stabilité diminue. Lorsque le taux de calcium diminue, les micelles de caséine se transforment en monomère de caséine très soluble.

La caséine est constituée de quatre fractions différentes : la caséine représente à elle seule 75 % de la caséine brute; elle précipite la première à un pH voisin de 4,6; c'est la plus riche en phosphore et la seule à contenir de la cystéine.

La caséine β contient moins de phosphore. A basse température, elle ne précipite pas à pH 4,6.

La caséine γ est particulièrement riche en soufre.

La caséine kappa, fraction de la caséine α, a un rôle de stabilisation de la suspension colloïdale.

La caséine est coagulable par les acides, la chaleur, le calcium ionisé et par l'action enzymatique de la présure ou de différents microbes, en particulier des germes de souillure du lait (Bacillus...).

Pour la préparation du yaourt, seule intervient dans le processus de caillage la coagulation acide à partir de l'acide lactique.

L'acidification du lait provoque la destruction des micelles sans fractionner la caséine; elle précipite en quasi totalité, vers pH 4,6, le phosphocaséinate qui subit une double dégradation avec migration progressive du calcium colloïsal vers la solution.

En fait, il s'agit d'un phénomène électrolytique. L'électrolyte, (l'acide lactique) se dissocie et les ions chargés positivement qui résultent de cette dissociation neutralisent les charges négatives portées par les micelles de caséine qui sont un colloïde électro-négatif. Lorsque le point isoélectrique est atteint vers pH 4,6, c'est-à-dire lorsqu'il y a complète neutralisation des charges négatives, les micelles de caséine floculent et se soudent en emprisonnant le liquide dispersant (sérum) : il y a formation d'un gel, ce phénomène constitue de caillage acide.

La caséine isoélectrique est complètement privée de calcium et ne contient plus que le phosphore-protéique. Cette déminéralisation est la caractéristique chimique principale de la caséine précipitée par acidification.

Dans le complexe phosphocaséinate de chaux, les ions Ca ++ ont cédé la place aux ions positifs apportés par l'électrolyte.

$$\underset{\text{« colloïdal »}}{\text{Phosphocaséinate Ca}} + 2\ \underset{\text{acide lactique}}{CH_3CHOH\ COOH} \rightarrow \underset{\text{insoluble}}{\text{Caséine}} + \underset{\text{sérum}}{(CH_3CHCOO)\ Ca}$$

Dans la préparation du yaourt où l'acidification se développe progressivement dans le milieu du fait de la fermentation lactique, il se forme un coagulum homogène.

Le gel obtenu après ce caillage évolue spontanément; on constate une contraction des micelles de caséine accompagnée de l'expulsion progressive du sérum emprisonné.

C'est le phénomène de synérèse qui aboutit à une déshydratation plus ou moins poussée du gel de caséine. La synérèse est très lente dans la fabrication du yaourt.

II. *Technique de fabrication.*

Pour pouvoir répondre aux besoins des consommateurs toujours plus nombreux et en droit d'exiger de plus en plus un produit de qualité constante, il a été indispensable de mettre à la disposition des fabricants des cultures de yaourt irréprochables, de codifier les méthodes à tous les stades de la fabrication.

L'évolution réelle effectuée en ce domaine est une preuve formelle qu'une connaissance exacte des bases scientifiques de la préparation des yaourts présente dans la pratique un intérêt capital, permettant de résoudre grand nombre de problèmes.

a) *La culture des souches.*

Certains auteurs ont prétendu qu'une bonne culture de yaourt doit aussi contenir des levures. Nous tenons à souligner que des expériences récentes effectuées en ce domaine nous amènent à considérer ces levures comme des organismes indésirables; en effet, nous avons vu que les levures du genre saccharomyces, si elles assuraient une fermentation lactique, étaient également responsables d'une fermentation alcoolique avec production de mousse, résultat non recherché dans la production de yaourt.

Le yaourt est un mélange de cultures de streptococcus thermophilus et de thermobacterium bulgaricum, dénommé aussi lactobacillus bulgaricus, vivant en une sorte de symbiose dans laquelle les cocci (str. thermophilus) subissent une activation de la part des bacilles (lactobacillus bulgaricus) ce qui explique l'accroissement plus rapide du degré d'acidité dans une culture mixte.

On a pu mettre en évidence, dans le filtrat stérile d'une culture de Thermobacterium bulgaricum, la présence d'une substance thermostable responsable de la stimulation de la croissance de Streptococcus thermophilus.

D'autres investigations ont montré qu'un hydrolysat de caséine avait la même action et que c'était l'hydrolyse de la caséine par les bacilles qui libérait des amino acides activateurs, dont le plus actif était la valine.

Cette stimulation accélère d'abord la multiplication des cocci mais, à partir d'un certain degré d'acidité, c'est la multiplication des bacilles qui prédomine, tandis que celle des cocci est inhibée. Le fabricant de yaourt doit connaître ces variations dans le pourcentage relatif des deux sortes de germes à mettre en présence; d'autre part, il lui faut savoir que la quantité de semence et la température constituent deux autres facteurs importants.

Nous constatons, en effet, qu'un ensemencement minime assure une meilleure croissance des streptocoques, la culture gardant plus longtemps un faible degré d'acidité; le contraire se produit lorsque l'on ensemence avec une grande quantité de germes.

D'autre part, la température optimum de croissance n'est pas la même pour les bacilles et les cocci, et de ce fait une température d'incubation uniforme peut provoquer une multiplication de l'une des deux sortes de bactéries.

L'interdépendance de l'ensemble de ces facteurs permet toutefois dans la pratique de procéder de la manière suivante :

On choisit un temps d'incubation aussi court que possible et on dose expérimentalement la quantité d'ensemencement nécessaire pour assurer l'apparition du degré d'acidité désiré en temps voulu.

La proportion respective de Lactobacillus bulgaricus et de Streptococcus thermophilus dans la semence est très importante à considérer. Des expériences récentes effectuées aux Pays-Bas ont permis de montrer que pour des proportions telles que 1/1 ou 1/2 ou 2/1, on pouvait obtenir des résultats satisfaisants, les résultats obtenus avec la proportion 1/1 se révélant toutefois nettement supérieurs.

Pour assurer une production régulière, il est nécessaire de disposer de cultures équilibrées pour l'ensemencement, en utilisant toujours les mêmes quantités de ces cultures, la même température d'incubation et en contrôlant d'une manière régulière les proportions « bacilles - cocci » dans la culture ensemencée.

Les cultures pures des deux germes indispensables sont entretenues et contrôlées dans les laboratoires spécialisés qui les tiennent à la disposition des fabricants des industries laitières et des producteurs particuliers.

Ces cultures pour ensemencement, ou ferments, doivent être obtenues fraîches du laboratoire au moins trois ou quatre fois par mois et un contrôle bactériologique devrait être effectué par les soins des industries du yaourt elles-mêmes avant ensemencement pour s'assurer qu'un équilibre convenable est maintenu entre les deux groupes de bactéries.

Le lait destiné à cette culture sera enrichi si nécessaire et devra être chauffé de 87,8°C à 96,1°C au maximum et maintenu pendant une heure trente minutes à cette température, avant d'être refroidi à 43,3°C.

L'ensemencement a lieu avec la culture fraîche reçue du laboratoire; la fermentation se fait à 42,2°C jusqu'à ce que le lait soit à peu près épaissi ou que l'acidité titrable atteigne environ 1 à 1,25 %.

La première fabrication avec une culture de laboratoire peut demander de 7 à 8 heures.

Une culture de laboratoire de 40 ml est suffisante pour ensemencer 640 ml de lait mais, pour les ensemencements ultérieurs, 2 à 3 % d'une culture suffisent pour donner le produit voulu en 2 ou 3 heures.

b) *Bref rappel des étapes de fabrication.*

— *Récolte et stockage du lait.*

Le lait est collecté dans les fermes où, de plus en plus fréquemment, il est amené à une température voisine de 10°C grâce à un refroidissement dont le principe varie depuis la simple source naturelle d'eau fraîche jusqu'aux cuves de refroidissement que de nombreuses laiteries ont mises en place chez leur client.

Dans les usines de ramassage, le lait est réparti en fonction de sa qualité, filtré, puis pasteurisé. Après pasteurisation, il est refroidi entre 3 et 5°C.

Il est ensuite transvasé dans des camions citernes isothermes et transporté à l'usine se fabrication. Pendant le transport, il y a une légère élévation de la température.

Dès l'arrivée à l'usine de fabrication, le lait est envoyé grâce à une pompe centrifuge à grand débit dans des tanks de garde isothermes. Ces cuves ont une paroi interne en acier inoxydable, isolée de l'extérieur par de la laine de verre ou du liège; une cuve de tôle peinte assure la protection de l'ensemble.

Un agitateur permet un mélange homogène du lait dont la température doit être identique en tous points du tank.

Le lait ainsi stocké peut attendre les quelques heures qui le séparent de la mise en fabrication, sans craindre un réchauffement nuisible à sa conservation.

— *Le schéma de fabrication des yaourts.*

Il porte essentiellement sur l'enchaînement de six opérations au cours desquelles le froid joue un rôle de régulateur de fermentation.

En premier lieu, le lait est *concentré,* généralement par addition de poudre de lait, pour être de nouveau *pasteurisé,* pendant quelques minutes à 90°C, pour éliminer les micro-organismes qui pourraient entraver la fermentation recherchée.

Toutefois, cette température est incompatible avec les ensemencements dont le yaourt est le résultat.

Le lait est alors *refroidi* dans des cuves de mélange jusqu'à 45°C par de l'eau froide circulant dans une double paroi.

C'est à ce moment que l'on *ajoute le levain,* ou mélange des deux ferments spécifiques qui vont en se développant assurer la coagulation ou prise du yaourt.

Après ensemencement et mélange des ferments, le lait est réparti automatiquement dans des pots en carton, ou en verre, qui sont mis dans des *étuves,* où la température est maintenue entre 45 et 50°C pendant deux heures environ.

Il importe de chauffer à 38°C ou davantage les récipients avant d'y introduire le lait additionné de culture.

Quand le yaourt est convenablement pris, il est acheminé dans une chambre froide où il est brusquement *refroidi* par un violent courant d'air à 5°C.

Le but de ce refroidissement aussi rapide que possible est l'obtention d'un arrêt brusque de la fermentation qui ne pourra plus se poursuivre à une température aussi basse et qui permettra de fixer l'acidité du produit final.

On évite ainsi l'acidité supplémentaire essentiellement due à une activité persistante des Lactobacilles.

Nous pourrons toutefois renoncer à ce refroidissement brusque si nous prenons le soin d'arrêter l'incubation avant terme, l'acidification résiduelle assurant l'obtention du degré d'acidité voulu.

Après un séjour de 1 à 2 heures dans cette atmosphère froide, les yaourts sortent à 10°C environ. Ils vont être capsulés. Les pots sont alors disposés dans des casiers de livraison et dirigés vers les chambres froides de stockage.

Le refroidissement continue dans cette atmosphère froide jusqu'à 3 à 5°C en attendant le départ quelques heures plus tard vers les points de distribution.

c) *Conservation.*

Bien que l'acide lactique exerce une certaine action préservatrice et puisse, dans une certaine mesure, prolonger la durée de conservation, il n'existe pas moins qu'abandonné à la température ambiante, le yaourt ne conserverait pas ses caractères organoleptiques d'une manière satisfaisante au-delà de huit jours.

Nous assistons en effet à une hyperacidification du milieu puis à une décomposition de l'albumine par les enzymes des bactéries lactiques ce qui procure au yaourt une acidité et une amertume désagréables au goût. Ensuite, il n'est plus consommable.

PROCÉDÉS DE CONSERVATION.

1. *Le froid.*

Le froid qui, nous l'avons vu, joue un grand rôle tout au cours de la fabrication comme adjuvant du processus va encore être utilisé comme agent de conservation lors de la distribution et de la vente.

L'équipement frigorifique des usines laitières françaises est satisfaisant dans son ensemble; il permet d'obtenir les températures nécessaires à l'évolution des fermentations et à leur stabilisation. Très altérables, les yaourts devront être soumis au régime du froid jusqu'à leur consommation.

Pour cette raison, la chaîne du froid et la chaîne de fabrication doivent être étroitement liées. Pour éviter les pertes et améliorer la qualité, trois règles primordiales sont à respecter :

— tout d'abord le froid, facteur de qualité, ne doit s'appliquer qu'à des produits eux-mêmes de qualité;

— ensuite, le froid instrument de durée, doit intervenir dès l'obtention du produit;

— et enfin, le froid agent de stabilisation, ne peut agir efficacement que si son régime est continu.

En respectant le principe de cette chaîne du froid, la France a su créer ou parfaire l'équipement frigorifique nécessaire au circuit commercial des yaourts.

Dès la fin de leur préparation, les yaourts sont stockés à des températures voisines de 3°C.

Ils sont ensuite livrés dans des camions isothermes ou non selon la durée du transport. Il est, enfin, important que les yaourts soient stockés au stade de la commercialisation de détail dans les armoires frigorifiques ou présentés dans des comptoirs réfrigérés et vitrés. Cette dernière forme de présentation a contribué à augmenter d'une manière sensible la consommation des produits laitiers.

Les avantages de la chaîne du froid sont aujourd'hui connus de tous et appliqués d'une manière quasi générale en matière de conservation des yaourts. Ils permettent de les stabiliser pendant deux à trois semaines, sans modifications des qualités, à des températures comprises entre 0 et + 5°C.

Il s'agit là d'un procédé commode pour une conservation d'une durée toutefois limitée à quelques semaines.

Le problème de l'amélioration des qualités de conservation des produits laitiers fermentés présente actuellement un grand intérêt.

En pleine saison, la consommation varie considérablement selon la température. La demande, importante pendant les jours chauds tombe brusquement lorsque la température baisse et le producteur se trouve devant un stock important impossible à écouler. D'autre part, la production laitière varie considérablement en cours d'année et il serait intéressant de produire des yaourts par campagne, mais le problème d'une conservation de longue durée se trouve alors posé.

Des chercheurs sont pratiquement parvenus à appliquer pour les yaourts une récente méthode de conservation qui supprimerait de nombreuses difficultés : la lyophilisation.

2. *La lyophilisation.*

La lyophilisation, ou cryodessication est la dernière venue dans les techniques de conservation des produits alimentaires. C'est l'application de la déshydratation dans une enceinte sous vide poussé à un produit préalablement surgelé, afin d'en extraire l'eau de constitution transformée en glace : il y a sublimation.

Un cycle de lyophilisation comporte deux phases principales : la surgélation du produit, puis sa déshydratation.

La déshydratation va se faire de façon différente selon la nature de l'eau contenue dans les produits : il y a sublimation pour les liquides extracellulaires ou sans liaisons particulières avec le produit, cette eau passera facilement à

l'état solide puis à l'état gazeux; il y aura dessication secondaire pour l'eau de constitution très intimement liée avec les structures du produit et difficilement transformable en glace.

Ronald I.N. Greaves démontre que c'est l'eau qui joue le rôle néfaste dans la dénaturation des produits alimentaires. S'il était possible de retirer ou de rendre inactives les molécules d'eau, les substrats biologiques demeureraient stables. Les bactéries survivent bien à la congélation, et se lyophilisent parfaitement; d'une manière générale, les ferments peuvent être lyophilisés. Les streptocoques subissent ce traitement sans dommage, les bacilles lactiques exigent des précautions particulières. Les ferments lyophilisés sont stabilisés comme en hibernation.

Toutefois, il ne faut pas réclamer à des ferments lactiques lyophilisés une reprise d'activité subite lors de la réhydratation. Cette phase durant laquelle la vie retrouve son aspect normal peut demander une, deux ou trois heures. Les ferments peuvent alors se multiplier.

Le yaourt lyophilisé n'est donc pas un produit alimentaire mort et il serait regrettable qu'il soit rejeté par la définition proposée pour les laits fermentés, qui peut devenir une législation internationale et qui précise que la flore microbienne des yaourts doit être maintenue vivante jusqu'à la vente aux consommateurs.

Pour conserver une activité enzymatique dans les yaourts après surgélation et lyophilisation, il est très importants de déshydrater les enzymes à un point tels que le phénomène de la vie soit arrêté ou très retardé et ce en suspendant leurs activités mais en ne les tuant pas.

Cependant, il est très important de noter que si, pendant de nombreuses années, on a cru que plus le produit lyophilisé était sec, meilleure était la conservation, on s'oriente de plus en plus aujourd'hui vers la théorie qui prétend qu'un

pourcentage d'eau résiduelle optimale est favorable. Ceci serait tout à l'avantage de la survie des milieux bactériologiques.

Pour survivre à la lyophilisation, les microorganismes du yaourt doivent pouvoir supporter les différentes phases de l'opération :

— la transformation de l'eau en glace;

— la sublimation de la glace;

— la réhydratation.

Il a été démontré que ceci est tout à fait possible. De façon à éviter les pertes en enzymes, on emploiera la méthode de congélation rapide de préférence à la congélation lente.

La lyophilisation évite l'altération des structures et préserve les caractères organoleptiques : la saveur, l'odeur et même la couleur réapparaissent à la réhydratation. La sublimation entraîne peu les arômes. Il faut cependant noter que la consistance « gel » souvent recherchée est difficile à reconstituer à partir du yaourt lyophilisé; on obtiendrait plutôt une consistance de bouillie et de velouté, goût qui tend un peu à se répandre. Par ailleurs, la valeur nutritive est conservée, la teneur en protéines et en vitamines restant pratiquement intacte.

La lyophilisation et le conditionnement qui le suit privent les organismes vivants des facteurs nécessaires à leur développement : l'eau et la lumière. Les produits lyophilisés restent hors d'atteinte de toute pollution grâce aux conditionnements, ils seraient même à l'abri des aérosols radioactifs.

On obtiendrait donc une conservation dans d'excellentes conditions d'hygiène.

Mais il existe un obstacle important, le prix de revient d'un tel procédé de conservation. En France, il a été procédé à la lyophilisation de 40 tonnes de produits alimentaires frais en 1965 et on prévoit 50 000 tonnes en 1970.

Il n'en reste pas moins que la lyophilisation constitue une technique d'avenir en ce domaine. La définition et la conception du procédé relevant de spécialistes très qualifiés, ceux-ci devront définir non seulement l'unité de lyophilisation proprement dite, mais aussi toutes les techniques annexes, c'est-à-dire, la préparation des produits, leur surgélation avant lyophilisation, ainsi que le conditionnement après traitement.

Cette technique permettrait une large diffusion des yaourts vers des pays défavorisés grâce à une conservation quasi illimitée et à un faible encombrement qui faciliterait les transports de grandes quantités de protides sous faible volume.

B) ASPECTS QUALITATIFS

1. *Les caractères organoleptiques.*

La grande délicatesse et la diversité des palais français permettent difficilement de trancher d'une manière catégorique les problèmes du goût, de la consistance et de l'arôme des yaourts naturels.

Sans essayer d'établir les critères d'un choix dont chaque consommateur reste le seul juge, nous allons nous borner à souligner quelques caractères organoleptiques essentiels et à signaler quelques défauts ou anomalies de fabrication.

a) *Problème de la consistance.*

La préparation de yaourt à partir de lait non condensé, sans addition de poudre de lait ou de lait écrémé condensé, constitue une tâche difficile si l'on veut que le produit final ait une consistance de gelée. Les ménagères réclament souvent un yaourt donnant une impression d'homogénéité et d'onctuosité.

Il existe donc deux aspects de la consistance : la fermeté de structure et l'onctuosité.

La séparation du sérum du yaourt est étroitement liée à la fermeté de structure. Cette exsudation du sérum se rencontre fréquemment sur les yaourts du commerce au bout de quelques jours de conservation et ce, quelle que soit l'origine du produit.

Il existe des appareils permettant de se rendre compte de la fermeté de structure en mesurant la vitesse de pénétration dans le yaourt d'une masse hémisphérique étalonnée réservée à cet usage.

La composition du lait et son traitement thermique ont une grande influence sur la fermeté de structure.

Pour réaliser une consistance normale, il faut que le lait contienne environ 150 g de matière sèche par litre pour un lait entier ou partiellement écrémé destiné à la fabrication de yaourt. Lorsqu'il s'agit de lait entièrement écrémé, destiné à la fabrication de yaourt maigre, une teneur de l'ordre de 120 g paraît satisfaisante.

Nous voyons donc qu'une addition de poudre de lait ou de lait écrémé condensé dans la proportion de 3 % environ améliore la structure. Mais l'industriel qui a recours à cette pratique voit de ce fait le prix de revient augmenter.

L'homogénéisation du lait après pasteurisation serait indispensable pour obtenir des résultats satisfaisants.

D'autre part, des expériences ont montré qu'un yaourt préparé à partir d'un lait âgé était bien plus ferme qu'un yaourt préparé avec du lait frais.

Pour obtenir un yaourt très onctueux, on préconise d'ajouter au lait destiné à la fabrication une quantité d'ensemencement dans la proportion de 2,5 % et de laisser incuber de 6 à 8 heures. Le chauffage du lait doit correspondre à celui d'un yaourt normal, une homogénéisation est absolument indispensable.

b) *Problème du goût, l'arôme.*

L'arôme caractérise le bon yaourt, le goût légèrement amer est voilé par son fort arôme spécifique. Celui-ci est supporté par des substances chimiques dont une seule est parfaitement identifiée : l'acétaldéhyde.

L'acétaldéhyde et l'arôme spécifique sont essentiellement des produits d'élaboration des lactobacilles. D'ailleurs, avec une culture mixte quelconque de bactéries thermophiles, on peut obtenir des produits rappelant le yaourt par certains caractères, mais il lui manque l'arôme spécifique. C'est le cas par exemple du « Bioghurt » que certaines firmes ont voulu lancer sur les divers marchés européens pour concurrencer le yaourt.

c) *Défauts de fabrication.*

Nousn'insisterons pas sur les défectuosités de fabrication inhérentes en particulier à un mauvais fonctionnement de l'étuve provoquant une incubation à température excessive ou au contraire trop faible.

Ceci ne se produit que rarement car les étuves sont munies de thermostats. Toutefois, nous avons pu constater un chauffage excessif au niveau des étages supérieurs ou

inférieurs de certaines étuves, et le produit obtenu peut avoir une saveur trop amère et un aspect grumeleux peu appréciés des consommateurs.

Ces yaourts présentant des défectuosités macroscopiquement visibles seront décelés au moment du capsulage des pots et retirés du circuit.

Des erreurs de dosage lors de l'ensemencement jouent un rôle important sur l'acidité du produit final.

Un ensemencement trop faible favorise le développement des streptocoques, s'une manière excessive, et minimise le rôle acidifiant des lactobacilles de sorte qu'on aboutit à la production d'un yaourt trop doux. Ce résultat pourra être recherché et mis à profit dans quelques cas pour satisfaire les goûts d'une certaine catégorie de consommateurs.

Si au contraire, la quantité de « levain » est trop importante il y aura déséquilibre en faveur des lactobacilles et production d'un yaourt acide.

Un ferment déséquilibré au départ agira de la même manière sur l'acidité du yaourt en favorisant l'un ou l'autre type de bactéries. Mais les industries spécialisées ont à leur disposition un laboratoire de contrôle des souches lorsqu'ils ne les cultivent pas eux-mêmes et, avant d'entreprendre un ensemencement important, ils feront des contrôles sur échantillons.

Nous avons vu, par ailleurs, qu'il peut se produire une hyperacidité résiduelle anormale, donnant au produit un goût amer indésirable s'il n'a pas été refroidi rapidement dans les conditions optimales. Ce phénomène est dû à l'activité persistante des lactobacilles.

Le phénomène inverse, le manque d'acidité, peut encore se produire lors d'une perturbation des proportions entre les bacilles et les cocci due cette fois à la présence de pénicilline ou de bactériophages dans le lait.

Une faible concentration de pénicilline inhibe déjà la croissance normale des cocci, qui montrent au microscope des images caractéristiques, pour disparaître complètement quand la concentration en pénicilline augmente. Quant aux bacilles, ils vont se présenter sous forme de longs filaments.

Il en résulte qu'il ne faut jamais utiliser du lait contenant de la pénicilline pour la préparation du yaourt. Ce sera à l'éleveur de veiller à ne pas livrer à la laiterie du lait de vaches ayant subi un traitement à la pénicilline soit par voie locale lors d'une infection de la mammelle, soit par voie générale lors de toute autre maladie, des traces de pénicilline pouvant se trouver là encore dans le lait.

Ce problème est d'une grande importance pour les laiteries industrielles qui ne peuvent pas détecter systématiquement la présence de pénicilline dans chaque bidon de lait.

Reiter a proposé l'emploi de microcoques coagulase négative isolés du fromage cheddar et qui produisent la pénicillinase en quantité suffisante pour permettre le développement normal de l'acide lactique. Ces travaux ont montré que 100 ml de culture de microcoques pourraient protéger quelques centaines de litres de lait.

La présence de bactériophages dans le lait représente un problème plus compliqué encore. Microscopiquement on observe la disparition des streptocoques, mais aucune image caractéristique n'est généralement décelable. La thermorésistance des phages du yoghourt est relativement élevée. Le chauffage du lait à 85°C pendant plus de 10 ou 20 mn ne les tue pas à coup sûr.

Etant donné que l'infection du lait par des bactériophages ne peut guère être évitée, il convient d'insister sur la nécessité d'avoir à sa disposition une culture mère irréprochable et en pleine vigueur.

Les cultures contenant des bactériophages provoquent des répercussions indésirables sur l'arôme du youghourt et sur sa consistance qui demeure très molle.

2. *Valeur nutritive et thérapeutique.*

a) *Valeur nutritive des yaourts.*

Puisque le yaourt est le résultat d'une culture microbienne dont le substrat est le lait, il est permis de se demander dans quelle mesure les micro-organismes peuvent être considérés comme des aliments.

De nombreux aliments sont soumis à un processus de maturation par lequel ils acquièrent des propriétés caractéristiques de saveur, d'odeur, et deviennent plus rapidement digestibles. Ceci est particulièrement vrai pour les produits dérivés du lait acide dont les composants de la flore de maturation sont streptococcus termophilus et lactobacillus bulgaricus.

La composition chimique exacte de chaque type de germes n'est pas connue; on peut cependant retenir que des micro-organismes fraîchement prélevés contiennent 15 à 30 % d'extrait sec constitué d'hydrates de carbonne, de lipides (10 % de la totalité en extrait sec), de protéines, polypeptides, acides aminés, nucléotides, acide nucléique et d'autres composants complexes qui jouent un rôle important dans l'alimentation de l'homme.

De nombreux ferments présents dans les cellules microbiennes possédent des éléments porteurs de protéïnes qui ont une valeur considérable dans le cadre de la physiologie alimentaire.

En effet, les micro-organismes peuvent renfermer dans leur extrait sec jusqu'à 50 % de protéines, de compositions voisine des protides de la viande et par là facilement digestibles.

De plus, les yaourts possèdent des bactéries contenant également des vitamines hydrosolubles, dont la valeur nutritive est peut-être supérieure à celle de la viande.

Insistons sur la valeur vitaminique du yoghourt. Les travaux de Lucie RANDOIN et Jean CAUSERET ont montré que le yaourt est une source de thiamine et de riboflavine aussi riche que le lait. Par contre, l'activité vitaminique A relativement faible résulterait pour une part du fait que les yaourts du commerce sont en général préparés à partir de lait partiellement écrémé.

En ce qui concerne les vitamines du groupe B, les recherches de R. KARLIK et M. CARRAS ont mis en évidence que le taux de B 6 est supérieur à celui du lait initial, alors que les vitamines B 2, l'acide nicotinique et l'acide panthoténique restent stables, tandis que le taux de vitamine B 12 s'amenuise jusqu'à disparaître presque en totalité au cours d'un stockage prolongé.

En ce qui concerne les sels minéraux, malgré une infériorité plus ou moins manifeste par rapport au lait, le yaourt reste une excellente source de calcium et de phosphore, supérieure à celle de nombreux fromages.

La présence de yaourt dans la ration alimentaire a pour effet de doubler l'absortion intestinale du calcium.

Le yaourt est donc capable de réparer les troubles causés par une déficience calcique, on peut le placer dans le cadre d'une alimentation équilibrée.

La présence d'une petite quantité d'acide n'empêche nullement la vitamine D et le lactose contenus dans le yaourt de manifester leur puissante activité sur l'utilisation calcique.

b) *Valeur thérapeutique du yaourt.*

Depuis longtemps, on a voulu mettre en relief les propriétés diététiques et curatives du yaourt. Au début du siècle, METCHNIKOV expliquait d'une manière fort convaincante que les bacilles lactiques s'installaient dans le canal digestif de l'homme, et grâce à l'acide lactique et à d'autres produits antibiotiques, freinaient le développement des bactéries de la putréfaction qui provoquent la formation d'indol, de scatol et d'autres produits toxiques. Ces bacilles inhiberaient également le développement de certaines bactéries pathogènes.

La théorie de METCHNIKOV, acceptée sans conteste pendant quelques années, a été plusieurs fois remise en question, et depuis quelques décennies, l'ingestion de cellules vivantes est un problème qui a retenu l'attention de nombreux médecins et microbiologistes.

TISSIER attira l'attention sur la présence de bactéries lactiques anaérobies dans la flore intestinale. On a constaté de plus que 90 % de la flore des selles d'enfants nourris au sein sont constitués de bacilles lactiques anaérobies (Pr. A LEMBKE). Après le sevrage, l'éventail des germes s'élargit pour ne plus comporter que 30 à 40 % de bacilles lactiques chez l'adulte en bonne santé.

Le principal intérêt des bactéries du yaourt étant leur faculté de décomposer les albumines en donnant des peptides et des acides aminés libres, cette activité protéolytique est intéressante du point de vue physiologique car elle facilite et accélère la digestion.

En fait, il a été constaté que ces germes peuvent seulement atteindre l'intestin durant les premiers jours de l'existence lorsque les sécrétions acides de l'estomac ne sont pas encore formées. La défense contre les microorganismes au

moyen des composants de la sécrétion de la vésicule biliaire, commence seulement de manière sensible lorsque la gamme des germes s'est considérablement élargie après le sevrage.

A ce moment, les sécrétions intestinales acquièrent un pouvoir bactéricide élevé et empêchent toute infection de l'intestin grêle par des germes provenant des aliments qui n'ont pas déjà été détruits dans l'estomac. Cela tendrait à montrer que les germes de notre alimentation ne joueraient aucun rôle dans la formation de la flore intestinale typique, exception faite des périodes où l'organisme est défaillant, ou encore après l'ingestion buccale de fortes doses d'antibiotiques.

Des savants américains et russes, tel VOITKEVITCH, précisent même que les bactéries du yaourt ne peuvent pas vivre ou se développer dans les milieux qui, comme l'intestin, sont alcalins ou contiennent de l'indol ou du phénol.

En fait, il importe peu, comme le reprend PIEN, que l'implantation soit ou non réalisable, puisqu'il est possible grâce à des ingestions répétées quotidiennes de laits fermentés et en particulier de yaourt d'introduire dans le tube digestif des germes capables d'y survivre si peu que ce soit.

Cet ensemencement réitéré équivaut en fait à une implantation passagère avec les effets favorables que l'on est en droit d'en attendre et qu'en réalité on constate.

Cependant, sensibles aux critiques signalées plus haut, certains industriels ont récemment proposé en France un produit nouveau le Bioghurt, présenté comme ayant des propriétés différentes du yaourt classique.

Il s'agirait en effet d'un lait fermenté fabriqué à partir de cultures de deux bactéries, spreptococcus lactis, isolé du lait caillé norvégien, et lactobacillus acidophilus.

Grâce à la symbiose établie entre les deux espèces on assisterait à la formation rapide d'acide, lactobacillus acidophilus garderait sa résistance à la bile et pourrait de ce fait survivre dans le milieu intestinal, il pourrait de même se multiplier dans l'indol et les milieux alcalins et phéniqués.

Mais, une étude approfondie en a été faite par l'institut Néerlandais de Recherches laitières, conduite par le Dr Th. E. Galesloot et le Dr J.W. Pette qui font autorité en la matière. Il en résulte que les propriétés que la littérature accorde au Bioghurt ne ressemblent nullement à celles trouvées à l'analyse. Il n'existe aucune différence significative, le goût et la consistance au contraire se révèlent moins bons.

c) *Aspects hygiéniques et sanitaires.*

De tous les sous-produits laitiers, les laits fermentés sont peut-être, avec les fromages, ceux pour lesquels la sélection du lait initial doit être la plus rigoureuse. Les consommateurs sont en droit d'attendre des garanties plus larges encore que celles prévues par la législation. C'est pour cette raison que l'industrie française du yaourt, poussée par la concurrence et par la crainte de contrôle toujours possibles, demeure attentive à l'amélioration de l'aspect sanitaire et hygiénique de sa production.

1. *La législation.*

Une circulaire ministérielle du 13 mai 1953 a réglementé la fabrication du yaourt d'une manière assez vague jusqu'à la parution du décret du 10 juillet 1963, portant règlement d'administration publique pour l'application de la loi du 1er août 1905 sur la Répression des fraudes en ce qui concerne les laits fermentés et le yaourt.

La dénomination « lait fermenté » est réservée aux produits laitiers préparés avec des laits ayant subi la pasteurisation, la stérilisation ou l'ébullition, ensemencés avec les bactéries lactiques appartenant aux espèces caractéristiques de chaque produit.

La coagulation ne doit pas être obtenue par d'autres moyens que ceux résultant de l'activité des microorganismes utilisés.

La flore microbienne sera maintenue vivante jusqu'à la vente au consommateur et ne doit renfermer aucun germe pathogène.

La quantité d'acide lactique libre ne doit pas être inférieur à 0,8 g pour 100 g lors de la vente. Ils seront maintenus jusqu'à leur distribution à des températures susceptibles d'éviter toute altération.

L'addition de tout produit étranger est interdite à l'exception du sucre, des matières colorantes autorisées, des pulpes, jus de fruits, miel, etc. De même est interdite la soustraction d'un des éléments constitutifs, notamment l'égouttage du coagulum.

Les récipients doivent être sérieusement obturés et porter les indications suivantes :

— le nom ou la raison sociale du fabricant et le numéro d'identification de l'atelier;

— la dénomination consacrée par l'usage du produit, en caractères d'au moins 4 mm de hauteur, la contenance en centilitres.

La date limite de consommation a été fixée par l'Arrêté du 14 novembre 1963. Cette date, postérieure de 10 jours au maximum à la date de livraison du produit par le fabricant, doit être indiquée par le jour du mois au moyen d'un ou deux chiffres arabes, indélébiles et apparents.

— Devront figurer la nature et la quantité de lait en poudre ajouté si cette addition est supérieure à 5 g de poudre pour 100 g de lait utilisé.

— La mention « tenir au frais ».

— La mention « maigre » si la teneur en matières grasses est inférieure à 1 % en poids.

— La mention « gras », si la teneur est au moins égale à 3 %.

— Le nom de la matière colorante ou la mention « colorant naturel ».

En cas d'adjonction de pulpes ou jus de fruits, etc., la mention de cet additif sera jointe à la dénomination de vente. Par ailleurs, la loi exige une déclaration du fabricant au préfet du département lors de l'ouverture de son atelier, et stipule que les locaux de fabrication et d'entreposage, le matériel et les conditions de travail doivent répondre aux prescriptions d'hygiène.

2. *Moyens mis en œuvre pour assurer la qualité.*

a) *Mesures générales d'hygiène.*

— 1. Hygiène du lait.

Il est essentiel de mettre à la disposition de l'industriel fabricant de yaourt, un lait de bonne qualité au départ. Des progrès importants ont été réalisés en ce domaine depuis une dizaine d'années, surtout au niveau du ramassage par les laiteries; celles-ci ont mis à la disposition des éleveurs des tanks de refroidissement qui contribuent à une meilleure conservation du lait mais il reste encore beaucoup à faire sur ce point. Par ailleurs, l'hygiène de la traite elle-même progresse beaucoup plus lentement, et si le nettoyage de la mamelle et des trayons avant la mulsion se généralise, les manipulations ultérieures de la poterie et les machines à

traire demeurent des sources d'ensemencement microbien trop important accentué encore par une hygiène corporelle et vestimentaire trop rudimentaire du trayeur.

Les laiteries ont la possibilité de procéder à des analyses bactériologiques du lait avant de décider de l'utiliser pour la fabrication du yaourt. En réalité, cette possibilité est rarement mise en œuvre, car le lait destiné à la production du yaourt sera dûment pasteurisé. Le test de la phosphatase fréquemment effectué sur le lait pasteurisé et sur les yaourts se révèle en général négatif, témoin d'une bonne pasteurisation.

La présence d'antibiotiques à des doses infimes entrave la bonne marche de la fermentation et l'expérience montre que l'honnêteté de certains éleveurs n'est pas toujours hors de cause et que la tentation de livrer trop tôt à la laiterie un lait provenant de vaches ayant subi un traitement intramammaire à la pénicilline est quelque fois trop forte. Il faudrait au moins attendre 72 h après le traitement pour livrer un tel lait seul ou en mélange.

Pour détecter la présence d'antibiotiques, il faudra avant d'ensemencer faire des essais préalables sur quelques échantillons. Cette précaution devrait être systématiquement mise en œuvre car elle permet d'éviter des déboires importants.

— 2. Entretien du matériel.

Les germes de souillure présents dans le matériel de laiterie favorisent un ensemencement du lait même après pasteurisation, tout au long des processus de préparation. La température idéale pour la fabrication du yaourt n'inhibe pas le développement de certains germes pathogènes.

Des contrôles bactériologiques des ustensiles permettent de mettre en évidence l'existence de ces germes de souillure. On les récolte à l'aide d'un tampon stérile que l'on

promène sur les parois; aux angles vifs des tuyauteries par exemple, où il se produit un barattage, il s'agit de véritables bouillons de culture où l'on peut dénombrer jusqu'à 3 à 5 millions de germes par millilitre.

Les risques de ces contaminations devront être limités d'une part par un nettoyage soigné des tuyauteries conduisant le lait du pasteurisateur au distributeur doseur emplissant les pots, d'autre part, en raccourcissant au maximum la longueur de ces tuyauteries et en évitant des coudures à angle trop aigu.

Le nettoyage pour être bien conduit devrait comprendre les opérations suivantes d'une réalisation simple et rapide :

— premier nettoyage à l'eau froide, l'eau trop chaude pouvant provoquer la coagulation du film protéique ce qui donnerait une adhésion plus solide gênant les opérations ultérieures;

— détersion à l'aide d'une solution chaude de détersif alcalin (carbonate de soude à 4 g/litre + phosphate trisodique 4 g/litre, ce dernier protègera le métal contre la corrosion);

— nouveau rinçage à l'eau froide ou tiède pour éliminer les résidus;

— terminer par un rinçage à l'aide d'une solution d'antiseptique. On préférera une solution chlorée, l'eau de javel à la concentration de 7 centilitres d'une solution du commerce pour 10 litres d'eau représentant un moyen économique et efficace. Il est recommandé d'ajouter du silicate de sodium (5 g/litre) pour atténuer l'action corrosive de l'eau de javel.

Des résidus bactéricides contenant des composés d'ammonium quaternaire seraient de nature à inhiber la production d'acide lors de la fermentation lorsque leur concentration atteint 5 p.p.m. (Curry et Barber, 1952).

Les phages introduits avec le levain se multiplient dans les instruments mal nettoyés et dans le lactosérum. La rotation des levains est recommandée, car chaque phage est spécifique d'une souche. Cette rotation prévient l'installation d'un phage dans l'usine. L'addition de phosphate faciliterait la lutte antiphage (Département of Agriculture U.S.A., 1959).

— 3. Hygiène du personnel.

Le lait peut être le véhicule de nombreux germes, pathogènes ou non, et il convient de s'assurer de l'état de santé du personnel.

On peut regretter que la législation française ne soit pas toujours assez sévère à cet égard. L'entrée des usines alimentaires devrait être interdite à tout porteur de germes, qui même cliniquement guéri reste susceptible de contaminer le lait ou le matériel de laiterie. Il est démontré en effet que le lait peut être vecteur de bacille tuberculeux, du bacille de la typhoïde, de la parathyphoïde ainsi que de nombreux virus. Le danger d'ensemencement d'un lait proprement récolté et pasteurisé demeure au cours des manipulations ultérieures.

Compte tenu de la législation actuelle, il serait souhaitable que le personnel circulant dans certains secteurs de l'usine préparant le yaourt porte une tenue permettant d'éviter la contamination par les expectorations ou toute autre souillure (cheveux, etc.).

Les industriels devront veiller par ailleurs à mettre à la disposition de leur personnel les commodités d'hygiène les plus élémentaires et à en exiger une utilisation rationnelle.

Les différentes visites que nous avons pu faire dans les ateliers de fabrication nous ont montré qu'en fait, ces principes hygiéniques simples sont loin d'être toujours respectés.

Il convient cependant de noter que, dans certaines laiteries modernes, l'automatisation de plus en plus poussée a pour effet de réduire le nombre de sources de contamination par le personnel. Celui-ci n'a pratiquement alors qu'un rôle de surveillance à jouer; plus tard, après capsulation des pots, lors des manutentions du produit fini, tout risque de contamination est écarté.

b) *Contrôles en cours de fabrication.*

L'ensemencement réalisé, les récipients sont placés dans l'étuve par casiers superposés. Il est nécessaire que l'industriel connaisse d'une manière précise l'évolution de la fermentation, afin de l'arrêter lorsque le produit aura atteint le degré d'acidité voulu.

On peut contrôler automatiquement l'acidification du yaourt par réglage du pH et de la température. Cette conduite automatique s'effectue à partir de capteurs de température et de pH placés dans trois récipients échantillons.

Un thermomètre plongeant dans le premier échantillon permet d'agir sur la température de la chambre par l'intermédiaire d'un régulateur pneumatique.

Une thermorésistance placée dans le second alimente un enregistreur à deux pistes sur lesquelles s'inscrivent d'une part la température, d'autre part le pH obtenu à partir d'une électrode combinée de pH immergée dans le dernier récipient.

Cette même électrode commande la communation du programme de climatisation chauffage sur le programme refroidissement, dès que la valeur affichée de pH est atteinte.

Nous voyons donc qu'il est possible de décider à l'avance de la fabrication d'un yaourt très acide ou plus doux et de satisfaire ainsi les goûts divers des consommateurs, tout en tenant compte des normes exigées par la législation.

De même, par la suite, une série de thermomètres enregistreurs permettent de surveiller le refroidissement du yaourt, puis sa conservation à basse température dans les chambres froides.

c) *Contrôles du produit fini.*

Ils seront effectués dans l'intérêt commun des laiteries et du consommateur par les laboratoires attachés aux usines, et par les services compétents de l'inspection des fraudes et des services vétérinaires, ainsi que par des organismes privés dont le rôle est d'informer le consommateur afin d'éclairer son choix.

Les analyses sont conduites selon des méthodes codifiées superposables en certains points aux analyses du lait.

1. *Analyses organoleptiques.*

Une analyse simple nous renseignera sur la fraîcheur du yaourt. Un yaourt frais et de bonne qualité présente une masse homogène laissant exsuder à sa surface une petite quantité de sérum et possède un goût aigrelet et rafraîchissant. Il donne à la section une tranche nette et brillante.

Un yaourt âgé ou de mauvaise qualité présente des caractères tout autres. Il s'agit d'une masse crevassée, sans cohésion, parfois grumeleuse et au goût très amer, avec des moisissures à sa surface.

2. *Analyses chimiques.*

Pour faciliter ces analyses, on dilue d'une manière homogène un poids déterminé de yaourt dans une quantité d'eau connue. On a alors une solution titrée sur laquelle seront effectuées les prises d'essai ultérieures. On procède généralement :

— à la détermination de l'extrait sec par dessication à poids constant;

— au dosage de la matière grasse à l'aide du butyromètre Gerber;

— au dosage des matières protéiques par la méthode de minéralisation sulfonitrique de KJELDAHL;

— au dosage des sucres, des cendres;

— au titrage de l'acidité, évaluée en degré Dornic.

3. *Analyses bactériologiques.*

On contrôle la vitalité des ferments (germes revivifiables) par ensemencement sur du lait écrémé stérilisé, à une température de 38 à 40°C.

D'autre part, l'épreuve des colifornes est fréquemment utilisée pour juger du soin apporté à la fabrication des yaourts. Celui-ci étant toujours préparé à partir de lait pasteurisé, la présence de colibacilles donne à penser que le lait n'a pas été bien pasteurisé ou qu'il a été recontaminé après le traitement thermique, chacune de ces deux éventualités signifiant un produit indésirable pour le consommateur. On utilise pour mettre en évidence le colibacille la méthode classique par le test de Mac KENSIE.

On procède tout d'abord à des dilutions, on ensemence un tube d'eau peptonée et un tube d'eau peptonée-lactosée additionnée de vert brillant. On fait incuber 24 heures à

44°C. On ajoute dans le premier tube du réactif d'Erlich pour la mise en évidence de l'indole (apparition d'un anneau rouge cerise).

On conclut à la présence de colibacilles si l'on a à la fois de l'indole en eau peptonée et du gaz en eau peptonée lactosée + vert brillant.

Par examen direct, il est procédé à la recherche des moisissures et des levures.

Toute autre recherche bactériologique est possible, nous n'avons cité que celles le plus fréquemment mises en œuvre.

III. *Les résultats.*

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

MARQUES GERMES	BALKAN	CHAMBOURCY	COPELAIT	CYGNE	DANONE	FORZA	LAITERIE PARISIENNE	LE MOLT JOLY
Germes coliformes par millilitre..	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	3	1
	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	1
E. Coli..	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	Aerobacter	0	Aerobacter
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	Aerobacter	0	0
	0	0	0	0	0		0	Aerobacter
Levure par millilitre	43	0	0	0	0	1300	4	3
	0	7	0	0	0	2400	10	1150
	35	0	0	0	0	1850	4	55
	2	400	0	0	0	1520	140	240
	0	80	0	0	0	65	0	405
Moisissures par millilitre..	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	2	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Millions de germes revivifiables par millilitre.. ..	250	2500	600	600	6000	6000	2500	25000
	6000	6000	2500	6000	2500	6000	2500	250
	6000	2500	6000	2500	2	6000	6000	600
	2500	2300	6000	6000	600	2500	600	6000
	600	2500	2500	600	25000	600	6000	600
Rapport *Nombre de streptocoques* - Nombre de bacilles.. ..	5,3	2,7	4,0	1,1	4,0	0,2	0,65	0,7
	6,4	1,1	7,5	3,5	3,3	0,78	0,46	0,43
	6,6	1,2	4,2	4,5	8,8	0,70	0,59	2,6
	3,5	3,1	3,5	2,5	2,8	0,23	0,81	0,76
	5,4	2,0	3,3	4,0	5,2	0,47	0,66	2,3

ANALYSE CHIMIQUE

MARQUES / CARACTÉRISTIQUES		POTS DE VERRE			POTS DE CARTON		
		BALKAN	DANONE	LAITERIE PARISIENNE	BALKAN	DANONE	LAITERIE PARISIENNE
Prix d'achat consommateur (anciens francs)		25	25	21	28	28	28
Volume annoncé (ml)			140	110	128	120	115
Poids net trouvé (g)		154	148	119	131	124	121
Matière sèche %		11,5	12,4	12,0	11,9	11,5	12,1
Matière grasse %		1,33	1,51	1,37	1,39	1,52	1,39
Matière sèche contenue dans un pot (g)		18,3	18,3	14,3	15,6	18,5	14,6
Matière grasse contenue dans un pot (g)		2,05	2,29	1,63	1,82	1,88	1,68
Acidité (degré Dornic)		117	129	151	116	121	144
Composition calculée du mélange ayant servi à faire le yaourt	Lait entier standardisé à 34 g de matière grasse par litre ((L)	41,4	46,8	42,5	43,1	47,4	43,2
	Lait écrémé liquide (L)	56,6	53,2	57,5	56,0	52,6	56,8
	Lait écrémé en poudre (kg)	1,9	2,3	2,0	1,8	2,4	2,5

Deuxième partie

Aspects techniques, hygiéniques et économiques de la fabrication du « yaourt fermier ».

I. *Définition et origine de cette production.*

Aucune définition légale ne précise la dénomination « yaourt fermier ». Il s'agit d'une terminologie consacrée par l'usage, et en fait reconnue par les services publics, comme l'Inspection des Fraudes. Il en est de même par exemple pour la dénomination du beurre fermier. Par contre, en ce qui concerne l'appellation poulet fermier, le problème est un peu différent en ce sens qu'il s'agit d'un label réservé à certains élevages qui produisent un poulet nourri selon des normes bien précises.

L'expression désigne ici en fait un produit fabriqué selon les normes partout en usage pour la préparation du yaourt, mais à partir uniquement du lait récolté à la ferme et traité sur place dans la « laiterie » de l'exploitation. Il ne s'agit donc pas d'un lait de ramassage. L'adjonction de poudre de lait reste cependant autorisée.

On note un caractère restrictif de cette production qui se fait dans les locaux mêmes de l'exploitation agricole, avec du lait produit et récolté sur place à une échelle relativement réduite, à mi-chemin entre la fabrication ménagère et la grande fabrication industrielle.

Dans ces limites, nous constatons cependant une très grande variation selon les exploitations en cause, leur situation géographique et surtout selon l'impulsion donnée à cette spéculation par l'agriculteur lui-même.

Parmi les ateliers, qu'il nous a été donné de visiter, certains ne fabriquent qu'une cinquantaine de pots de yaourt par jour, alors que chez d'autres la production journalière dépasse 2 000 pots.

Certains producteurs qui, pour faire face à des commandes dépassant les possibilités laitières de leur exploitation, ont dû s'approvisionner chez des agriculteurs voisins, se sont vu enlever l'appellation « yaourt fermier ».

Ceci dénote la volonté des services publics de dénoncer certains abus.

La production de yaourt à la ferme n'a vraiment commencé que depuis une dizaine d'années, après que les industriels laitiers ont eux-mêmes accentué leur production pour faire face à une consommation croissante. Des statistiques récentes (F.N.I.L., octobre 1968) montrent que la consommation de yaourt vient au quatrième rang de la consommation des produits laitiers après le lait, le beurre et les fromages.

CONSOMMATION ANNUELLE PAR HABITANT

(en kilogrammes)

PRODUITS	1965	1966	VARIATION
Lait de consommation	103,07	102,97	— 0,10
Laits aromatisés	0,18	0,20	+ 0,02
Laits fermentés (yaourts)	3,85	4,21	+ 0,36
Laits gélifiés et emprésurés	—	0,76	—
Crème (équivalent M.G.)	0,20	0,25	+ 0,05
Beurre	8,79	9,04	+ 0,25
Fromages	11,90	12,15	+ 0,25
Laits concentrés sucrés et non sucrés	1,64	1,69	+ 0,05
Lait sec entier	0,32	0,47	+ 0,15
Laits secs totalement et partiellement écrémés	1,44	1,69	+ 0,25

La consommation du yaourt accuse la variation positive la plus importante, comme le confirme encore le tableau ci-dessous :

EN MILLIERS DE TONNES	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Prod. laitière.	24.200	24.739	26.253	26.136	27.733	28.980	30.335
Beurre.	405	405	432	427	475	492	538
Yaourt.	97	107	132	183	189	209	230

Ce sont uniquement les agriculteurs fournisseurs de lait cru qui se sont lancés dans la fabrication du yaourt et cela pour de nombreuses raisons. En contact permanent avec les points de vente situés à proximité de leur exploitation, ces agriculteurs avaient déjà orienté toute leur activité vers une production intensive de lait. La situation géographique de leurs fermes au voisinage des villes et des gros bourgs leur facilitait les livraisons régulières vers les centres de consommation. Peu à peu leurs « laiteries » ont dû s'équiper devant de nouveaux impératifs sanitaires et commerciaux Dès lors leur choix était fait et il leur fallait tirer parti au maximum de leurs nouveaux investissements en commercialisant eux-mêmes la plus grande partie de leur production laitière, lait cru et même lait pasteurisé, beurre, crème fraîche, fromage et yaourts.

En fait, la fabrication de yaourt ne représente jamais une monoproduction à l'échelle fermière, l'agriculteur sera amené à vendre la crème résultant de l'écrémage partiel du lait entrant dans la fabrication du yaourt, ou à en faire du beurre.

II. *Aspects techniques.*

A) LES MATIÈRES PREMIÈRES

— *Le lait.*

Le lait utilisé dans la fabrication du yaourt fermier sera donc produit et récolté sur place.

Le cheptel bovin des exploitations productrices est diversement représenté selon les régions, mais quelles que soient les races en cause, nous avons constaté une sélection poussée dans ces étables, dont toutes les laitières sont suivies par le contrôle laitier, et très souvent inscrites au herd-book de leur race.

Les producteurs de yaourt fermier, fournisseurs également de lait cru, sont de ce fait tenus de produire un lait sain et d'une haute teneur en matière grasse, la législation étant plus tolérante sur ce point lorsqu'il s'agit de lait pasteurisé.

La récolte du lait se fait en général dans de très bonnes conditions. 95 % des exploitations que nous avons visitées sont équipées de matériel de traite de conception moderne, et dans la plupart des cas, la traite mécanique classique à l'aide de pots trayeurs posés à même le sol de l'étable, a fait place aux salles de traite spacieuses, mieux adaptées, souvent munies d'appareils automatiques pour la distribution d'un complément minéral et azoté suivant les besoins des laitières. Ces salles de traite, cimentées ou dallées, généralement pourvues d'eau potable seront d'un nettoyage extrêmement simple et rapide.

Le trayeur procède au nettoyage des mamelles, soit par massage à l'aide d'un linge propre, soit encore à l'aide d'un jet d'eau tiède (60°C) sous faible pression afin de ne pas traumatiser la mamelle. Cette préparation favorise la sécrétion d'ocytocine qui facilite et accélère la traite.

Par ailleurs, la qualité bactériologique du lait s'en trouve améliorée car celui-ci ne se trouve jamais en contact avec les poussières d'étable résultant des aliments ou des débris de litière.

Le lait est dirigé directement à l'aide de tuyauteries vers une cuve de refroidissement après avoir passé dans un filtre. Dans la cuve munie d'un agitateur, il est progressivement ramené à une température voisine de + 3 ou + 4°C.

A l'issue de la traite, les tuyauteries sont rigoureusement nettoyées à l'aide de solutions détergentes puis antiseptiques qui y circulent sous pression. Il est important que ce nettoyage soit effectué consciencieusement, car on a pu dire paradoxalement que le lait provenant des étables où la traite manuelle est toujours pratiquée était d'une qualité bactériologique supérieure à celui collecté à l'aide de machine à traire. Cela n'est plus vrai lorsqu'il s'agit de salles de traite bien équipées, où la longueur de tuyauteries est réduite au maximum et où le nettoyage des gobelets trayeurs et de toutes les pièces susceptibles de favoriser la formation de nids microbiens est assuré d'une manière régulière après chaque traite.

De plus, nous devons considérer qu'il s'agit presque toujours ici de producteurs spécialisés, bien avertis des principes d'hygiène et qui concentrent leurs efforts vers la production d'un lait de qualité suivie. L'alimentation des vaches laitières est judicieusement rationnée et complémentée dès que le besoin s'en fait sentir.

Avant d'adapter les gobelets sur les trayons il est toujours procédé à une mulsion préalable afin de détecter tout lait anormal, les premiers jets sont, soit récoltés dans un bol de traite réservé à cet usage, soit éliminés directement dans un caniveau à dallage noir sur lequel se visualisent immédiatement les moindres grumeaux, ou toute altération de la couleur du lait.

Le lait ainsi récolté est refroidi pendant 12 à 24 heures. Une certaine quantité de lait sera écrémée afin de réaliser le mélange destiné à la fabrication du yaourt. Les écrémages se font dans des appareils centrifuges tout à fait classiques. Ceux-ci sont systématiquement démontés et nettoyés après chaque opération.

— *La poudre de lait.*

Pour enrichir le yaourt en extrait sec, et surtout donner au produit fini un aspect plus ferme et plus homogène, le fabricant devra se procurer la poudre de lait écrémé du commerce. C'est un produit préparé dans les laiteries industrielles spécialement équipées, il est obtenu uniquement par élimination de l'eau du lait préalablement écrémé.

Dans un premier temps le lait est concentré en éliminant une partie de l'eau par réchauffage sous vide, cette première opération entraîne une diminution de volume de 80 % environ.

En un deuxième temps, on procède à la déshydratation dans une chambre cylindrique très haute. Le lait concentré est pompé sur une turbine qui le fait éclater en très fines gouttelettes; sur ce nuage de lait concentré arrive alors de l'air réchauffé à très haute température (180°C). Il y a évaporation instantanée et chaque particule de concentré est transformée en grain de poudre. La poudre de lait va descendre, sera collectée et ensachée.

Cette opération est suivie et contrôlée par un laboratoire qui détermine après analyse l'appellation de qualité à donner à chaque lot de fabrication : la qualité humaine sera souvent commercialisée à l'exportation pour être reconstituée, la qualité alimentaire est celle qui interviendra dans les préparations à base de lait (chocolaterie - biscuiterie), c'est également celle qui va être utilisée lors de la fabrication du yaourt; la qualité animale est celle destinée à l'alimentation du bétail.

— *Les cultures pour ensemencement.*

Un des points les plus importants de la fabrication des yaourts est la possession de bons levains. On ne peut être vraiment maître de ses fabrications, et ne plus dépendre uniquement des levains plus ou moins certains achetés dans le commerce, que le jour où on arrive à cultiver soi-même les ferments nécessaires au dosage des levains.

Il s'agit, au début, de se procurer dans un laboratoire spécialisé les deux sortes de ferments lactiques nécessaires : lactobacillus bulgaricus et streptococcus termophilus. Il est possible aussi de les isoler en partant d'un pot de yaourt de qualité irréprochable, mais il s'agit d'une manipulation trop délicate.

Une fois en possession de ces ferments de souche pure, on les ensemence séparément dans des tubes de lait stérilisé à l'autoclave à 120°C pendant 20 mn.

Les tubes de lait stérile ensemencés sosnt placés à l'étuve vers 42°C pendant le temps nécessaire au bon développement des ferments, jusqu'à ce que le lait soit caillé; ceci peut demander plus de 5 heures lorsque les souches sont jeunes. On conserve ensuite les tubes dans un endroit frais.

La veille du jour de fabrication, il faut procéder au repiquage dans un flacon contenant de 300 à 500 cm^3 de lait stérile selon l'importance de la fabrication à effectuer. On ensemence les deux cultures pures.

On tient compte du goût de la clientèle désirant un produit plus ou moins acide en dosant comme il convient les proportions de chaque ferment à mettre en présence.

Nous avons vu que des proportions 2-1, 1-1 donnaient des résultats satisfaisants.

Il s'agit alors de prélever aseptiquement à l'aide d'une pipette 2 cm^3 par exemple de culture pure de streptococcus termophilus et de les déposer dans le flacon de lait stérile.

On prélève de la même manière 2 cm^3 de culture pure de Lactobacillus bulgaricus que l'on dépose dans le flacon contenant déjà le mélange de lait stérile et du premier ferment. On opère à proximité d'une flamme de gaz ou d'alcool et l'on flambe à chaque manipulation, fiole et pipette, afin d'éviter toute contamination.

Le flacon ainsi ensemencé est alors soigneusement rebouché à l'aide de ouate stérile, puis placé à l'étuve à 45°C. On surveille attentivement la marche de l'opération pour retirer la fiole de l'étuve, dès que le lait est nettement coagulé.

Le levain est alors prêt à être employé.

En fait, dans la plupart des cas, les producteurs reçoivent les cultures mélangées prêtes à l'emploi que leur fournissent des laboratoires spécialisés. Ces cultures sont expédiées régulièrement selon les désirs du client toutes les semaines ou tous les dix jours. Les cultures sont présentées soit en tube soit en flacon, liquides ou en poudre ou même lyophilisées.

Ce procédé est très simple, mais le fabricant ne sera pas à l'abri de certaines surprises. Les cultures peuvent être plus ou moins récentes, l'équilibre entre les deux souches peut varier d'un envoi à l'autre et la production s'en ressentira.

B) MATÉRIEL SPÉCIFIQUE POUR LA FABRICATION DE YAOURT FERMIER

Quelques constructeurs de machines spéciales ont mis à la disposition des agriculteurs assurant de petites et moyennes fabrications de yaourt les matériels nécessaires à leur préparation et leur conditionnement.

— *Matériel de chauffage et de refroidissement du lait.*

Certains producteurs utilisent pour chauffer le lait un simple récipient placé sur une source de chaleur, gaz ou électricité. Le lait est alors porté à une température voisine ou supérieure à 90°C ou même parfois à ébullition. Nous n'insisterons pas sur cette méthode assez peu orthodoxe et incontrôlable qui représente en fait une solution d'attente avant l'acquisition d'un matériel plus spécialisé. L'homogénéisation du mélange lait entier et lait écrémé, et poudre de lait se fait très mal, et le risque demeure de voir une partie du mélange s'échapper du récipient si l'ébullition n'est pas arrêtée à temps.

Il convient ensuite de transvaser le mélange afin de le refroidir.

— *Cuve de chauffage et de refroidissement.*

Elle est destinée à recevoir le mélange. Il s'agit d'une cuve cylindrique dont la taille et la contenance seront choisies en fonction de l'importance de la production, de 80 à 300 litres. Ce matériel perfectionné est relativement peu encombrant, une cuve de 80 litres environ ne dépasse pas une hauteur de un mètre pour un diamètre de 60 cm.

La garniture intérieure sera en aluminium ou en acier inoxydable, l'habillage extérieur en tôle peinte ou en acier inoxydable.

Ces cuves de construction robuste et de belle présentation permettent un chauffage rapide au gaz de ville, gaz butane ou encore à la vapeur.

Une agitation puissante permet une bonne homogénéisation tout en évitant les risques de caramélisation.

La température est contrôlée par un thermomètre plongeant dans le lait, et lisible sur un cadran.

Un calorifugeage épais à la laine de roche matelassée rend minime la déperdition de chaleur.

Lorsque la température désirée est atteinte, le refroidissement se fait par circulation d'eau froide.

La cuve est fermée par un couvercle à charnière supportant le groupe motoréducteur de l'agitateur et le thermomètre qui se trouvent dégagés de l'intérieur de la cuve à l'ouverture du couvercle.

Un dispositif de sécurité empêche l'arrivée du gaz en cas d'extinction accidentelle du brûleur; ces appareils sont munis d'une régulation automatique de la température.

La forme de la cuve intérieure est étudiée pour ne présenter aucune anfractuosité ce qui facilite le nettoyage et évite le risque de formation de nids de fermentation.

Avec une telle cuve, qui assure une pasteurisation convenable du lait vers 85° à 90°C, et son homogénéisation, le fabricant gagne un temps précieux.

— *Matériel pour l'emplissage des pots de yaourts.*

La méthode manuelle se rencontre assez fréquemment : les pots vides sont répartis sur les plateaux qui seront portés à l'étuve.

Le lait ensemencé de levain est recueilli dans un récipient léger muni d'un bec verseur. On procède alors à l'emplissage des pots en prenant soin de s'arrêter à 6 ou 7 mm du bord. Il est difficile d'obtenir manuellement un remplissage identique de tous les pots sans verser quelques gouttes.

Les ateliers que nous avons visités sont équipés de remplisseuses semi-automatiques lorsque la production dépasse 300 à 400 pots par jour. Il est en effet fastidieux d'emplir à la main des quantités plus importantes. Ces emplisseuses

permettent un débit d'environ 4 000 pots/heure, ce qui réduit considérablement le temps consacré à cette opération (emplissage manuel, 600 pots/heure).

La construction de ces appareils permet un démontage complet et facile de toutes les pièces en contact avec le lait, de façon à pouvoir effectuer un nettoyage parfait. Ces emplisseuses sont équipées d'un bac, ou mieux, directement reliées à la cuve de chauffage et de refroidissement par un tuyau d'alimentation.

L'emplisseuse est essentiellement constituée : d'une table avec chemins de glissement sur lesquels se déplacent les plateaux munis des pots à remplir, d'un mécanisme distributeur portant les becs d'emplissage raccordés au bac. Un réglage micrométrique de l'ouverture de chaque clapet permet de fixer au départ leur débit respectif et d'obtenir de ce fait une uniformité de remplissage des pots sur toute la ligne. Une pédale reliée au mécanisme permet par une seule pression de l'opérateur d'introduire, dans un premier temps, les becs à l'intérieur des pots à remplir, et dans un second temps d'ouvrir les clapets, chaque bec est muni d'un tamis assurant un emplissage sans mousse.

— *Etuve à yaourts.*

Si le fabricant à la possibilité de se passer d'une emplisseuse et même d'une cuve de chauffage, il n'en va pas de même de l'étuve. C'est l'appareil essentiel dans la fabrication du yaourt et c'est en grande partie de son bon fonctionnement que dépend la réussite de la préparation.

L'étuve se présente sous l'aspect d'une armoire métallique dont l'enveloppe est en général constituée de forte tôle recouverte d'un vernis très résistant, elle est calorifugée en laine de roche matelassée. Le caisson intérieur est en aluminium de forte épaisseur entièrement soudé avec tous les

angles arrondis et permettant le lavage au jet. Dans ce caisson sont disposées des échelles glissières en duralumin pour recevoir les plateaux.

Ces échelles glissières sont facilement démontables, elles sont seulement maintenues par des vis papillon.

Les plateaux devant être facilement manipulés sont la plupart du temps construit en aluminium pur soudé, d'où une grande solidité et légèreté; le côté et le fond des plateaux sont pleins de préférence, de façon à éviter toute souillure des pots situés en dessous.

La conception des étuves doit permettre d'y incorporer tous les appareils de commande et de contrôle, et en particulier le thermostat et le thermomètre, qui devant être très précis, sont des appareils délicats demandant à être tenus à l'abri de tout choc.

La température dans tous les points de l'étuve devant être uniforme, et ceci est très important pour l'obtention d'une fabrication homogène, on doit réserver une surface maximum au système de chauffage. Celui-ci est assuré par des plaques résistantes disposées dans tout le fond de l'étuve. De plus l'aménagement du caisson intérieur doit permettre d'obtenir une circulation constante et efficace de l'air chaud. Des volets d'aération sont disposés sur le fond et à la partie supérieure. Un panneau fixé sur le fronton de l'étuve supporte le thermomètre, l'interrupteur et voyant lumineux indiquant la mise en circuit de la résistance de chauffage.

Une telle disposition permet la protection des divers appareils, et de grouper en un seul point tous les organes électriques de commande et de contrôle. Une prise de courant protégée, avec mise à la terre complète l'appareillage électrique.

La fermeture de l'étuve doit être assurée par une porte permettant un large dégagement et une grande facilité d'accès.

Elle sera isotherme, et pourra être revêtue intérieurement d'aluminium. La fermeture à poignée et les charnières sont du type renforcé. L'étanchéité est assurée par un joint simple fixé sur la porte.

TYPE D'ÉTUVE		540	1320	2640
Contenance (récipients de 12,5 cl).		540	1320	2640
Encombrement	largeur.	0,900 m	1,060 m	2,060 m
	profondeur. . .	0,525 m	0,820 m	0,820 m
	hauteur. . . .	1,5 m	1,525 m	1,595 m
Poids brut.		180 kg	260 kg	625 kg

Caractéristiques générales des différents types rencontrés.

— *Les capsules et la capsuleuse.*

Des maisons spécialisées fournissent au fabricant de yaourt des capsules en aluminium, munies de languettes, imprimées en couleur, portant la marque et le numéro d'identification de l'atelier. Ces capsules sont datées à l'avance ou non.

Si elles portent la date, il suffira de les classer afin de les retrouver le jour désiré, si elles n'en portent pas il faudra les marquer à l'aide d'un petit appareil muni de chiffres en relief qui imprimera la date d'une manière indélébile dans le métal.

Les capsules sont ensuite placées à la main sur les pots de yaourts, puis à l'aide d'une capsuleuse à levier ou à pression, basée sur la déformation progressive d'une bague de caoutchouc, on obtient un capsulage hermétique des pots.

Les capsuleuses semi-automatiques et automatiques sont très rarement utilisées par les fabricants de yaourt fermier.

C) LA FABRICATION

Le fabricant reste libre de la préparation du mélange. Celui-ci peut ne contenir que du lait écrémé et du lait en poudre, il s'agira alors du yoghourt maigre, et cette dénomination devra figurer sur l'emballage du produit fini.

Dans quelques rares cas, les yaourts sont préparés à partir exclusivement de lait entier et de poudre de lait. Ces yaourts présentent souvent à leur surface une épaisse couche de matière grasse différemment appréciée des consommateurs.

Le plus souvent le mélange comporte du lait entier, du lait écrémé et du lait écrémé en poudre dans des proportions très variables.

Les analyses ont révélé les cas extrêmes ci-dessous :

	MOYENNE N° I	N° II	N° III
Lait à 34 % de M.G... ..	10,2 %	38 %	46,8 %
Lait écrémé..	89,8 %	62 %	53,2 %
Lait écrémé en poudre...	3,1 %	3 %	2,3 %

Les proportions le plus souvent rencontrées se rapprochent de cette moyenne n° 11.

Le mélange est alors homogénéisé et pasteurisé dans la cuve à une température de 85 à 92°C. Il est ensuite refroidi jusqu'à 45°C environ.

A ce moment, on procède à l'addition du levain au lait dans la proportion de 1,5 à 2 %. Dans la cuve, la culture est intimement mélangée par brassage à l'aide de l'agitateur. L'ensemencement est ainsi réalisé et on effectue l'emplissage des récipients. Ceux-ci peuvent être obturés avant leur mise en incubation dans l'étuve à 45°C-50°C ou au contraire à la sortie de l'étuve ce qui permet de vérifier la prise du yaourt. L'incubation se poursuit à température constante pendant 2 à 3 heures. Les récipients ainsi préparés sont immédiatement stockés dans une chambre froide ou une sinmple armoire frigorifique selon l'importance de la production.

III. *Aspects économiques.*

A) FRAIS D'INVESTISSEMENT

Le coût de l'appareillage nécessaire à la fabrication fermière de yaourt varie selon l'importance de la production.

L'étude de la gestion d'une exploitation moyenne type, permettra d'établir un bilan économique.

Il s'agit d'une exploitation comportant 25 vaches laitières produisant chacune en moyenne 4 000 kg de lait par an.

Cette exploitation réserve une partie de sa production laitière à la fabrication de 400 yaourts par jour.

L'investissement réalisé en 1967 s'évalue comme suit :

— *Matériel.*

● Cuve de chauffage et de refroidissement (contenance, 80 litres)	7 500 F
● Etuve, type 540	3 300 F
● Emplisseuse semi-automatique	2 500 F
● Capsuleuse à levier	800 F
— *Frais d'installation et de mise en route*	1 500 F
soit :	15 600 F

Il n'est pas tenu compte de l'achat d'un stock de récipients à emballage perdu, ni du lot de capsules dont la valeur est incorporée intégralement dans le prix de vente du produit fini.

B) COUT DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

1. Evaluation rapide du prix de revient d'un litre de lait + coûts directs bovins, par vache et par an :

● Vache (insémination, contrôle laitier, herd book, frais vétérinaires)	120 F
● Concentré, 7 mois sur 12 (orge) 5 mois sur 12 (concentré)	220 F
● Minéraux incorporés	40 F
+ coûts directs pour les fourrages du semis à la récolte	400 F
+ évaluation du travail	300 F
	1 080 F

On considère qu'il y a équilibre entre la valeur de la mère et la valeur des produits nés tout au long de la vie économique.

Le litre de lait coûte donc à la production :

1 080 F : 4 000 = 0,27 F

2. Le kilogramme de lait écrémé en poudre est évalué à 4,50 F.

3. L'abonnement d'un an pour la fourniture hebdomadaire de ferment par une maison spécialisée revient à 30 F.

4. Les récipients en carton ou plastique de 12,5 cl coûtent 0,07 F pièce.

5. Les capsules : 0,01 F la pièce.

C) PRIX DE REVIENT D'UN YAOURT

Il est généralement admis qu'il faut 1 litre de mélange pour préparer 8 yaourts.

Dans le cas présent, il faudra 50 litres de mélange pour fabriquer 400 yaourts.

20 litres de lait entier, 0,27 × 20 = ...	5,40 F
30 litres de lait écrémé 0,10 × 30 = ...	3,00 F
1,5 kg de lait en poudre	6,00 F
400 pots de carton	28,00 F
400 capsules	4,00 F
	46,40 F
Main-d'œuvre, frais de livraison	10,00 F
	56,40 F

Prix de revient d'un yaourt : 56,40 : 400 = 0,141 F.

Prix de vente d'un yaourt avec emballage perdu : 0,33 F.

Les productions journalières de 400 yaourts représentent un chiffre d'affaires de 132 F.

Si le lait retenu pour cette fabrication était vendu à la laiterie au prix indicatif 1969, de 50,80 ct le litre :

$$\left.\begin{array}{rcl} 20 \times 0{,}5080 & = & 10{,}16 \text{ F} \\ 30 \times 0{,}15 & = & 4{,}50 \text{ F} \end{array}\right| = 14{,}66$$

lait écrémé pour alimentation animale.

D) BÉNÉFICES RÉALISÉS

Lors de la vente du lait	Lors de la vente de yaourt
(0,508 — 0,27)	132,00 F
× 20 = 4,76 F	— 56,40 F
0,10 × 30 = 3,00 F	
7,76 F	75,60 F

La transformation du lait en yaourt décuple le bénéfice. Une fabrication de 400 yaourts fermier par jour permet de réaliser un bénéfice annuel de :

$$75{,}60 \times 360 = 27\,216 \text{ F}$$

L'investissement en matériel paraît important : 15 600 F. En fait, il s'agit d'un matériel très robuste et de peu d'entretien qui sera largement amorti dès la première année.

La fabrication de 400 yaourts est relativement faible, elle permet cependant de réaliser d'intéressants bénéfices. Dans la plupart des cas, la production pourrait être largement augmentée, mais le problème de la commercialisation serait plus difficile à résoudre. Une production à échelle réduite s'intègre parfaitement dans le secteur de distribution exploité par l'agriculteur. Au cours d'une même tournée l'exploitant livre chaque matin à ses clients grossistes, le lait cru, le beurre, la crème fraîche et le yaourt.

La fabrication du yaourt fait ici partie d'un tout, elle demeure la proportion la plus intéressante tout en étant la plus laborieuse.

Elle permet de valoriser la main-d'œuvre qu'elle soit familiale ou salariale.

IV. *Aspects hygiéniques et qualitatifs.*

Toutes les exploitations visitées sont reconnues indemnes de tuberculose et de brucellose et bénéficient de la patente sanitaire.

Ces yaourts sont donc fabriqués à partir de lait sain, l'alimentation et l'état de santé des vaches laitières sont placés sous surveillance vétérinaire, des dépistages de la tuberculose sont régulièrement pratiqués, tous les six mois, puis tous les ans.

Chaque nouvel animal, avant d'être admis dans l'étable, sera soumis à une visite vétérinaire. Le propriétaire s'engage à respecter les normes d'hygiène de la traite et de la vaisselle laitière.

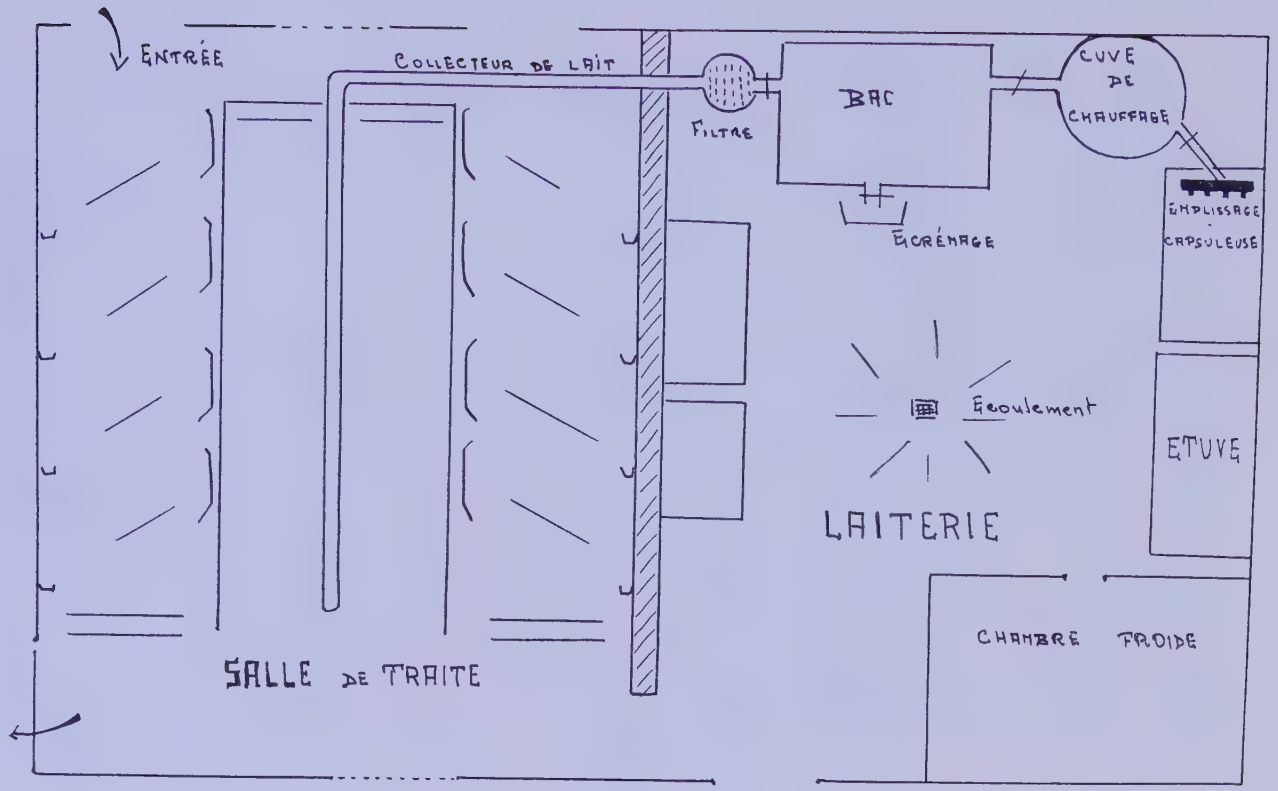
Il serait souhaitable que ces étables productrices de lait soient placées à la fois sous contrôle officiel vétérinaire et médical afin de bénéficier de cette double garantie (12 février 1965). Dans ce cas le personnel chargé de la traite et de la préparation du lait sera soumis à un contrôle médical et radiologique. Ces patentes sont accordées pour un an et sont essentiellement révocables.

Les ateliers de fabrication sont très bien adaptés au besoin des producteurs. Il s'agit d'une production relativement récente et le matériel est en bon état d'entretien.

Les différents appareils sont disposés dans la laiterie de façon à faciliter et à diminuer la manutention (schéma p. 75).

Le lait recueilli dans la salle de traite est directement véhiculé dans la laiterie, filtré puis immédiatement refroidi.

Lors de la préparation du yaourt, la quantité de lait désirée est dirigée vers la cuve de chauffage par simple ouverture d'un robinet, on y ajoute le lait écrémé et la


ENTRÉE
COLLECTEUR DE LAIT
FILTRE
BAC
CUVE DE CHAUFFAGE
EMPLISSAGE CAPSULEUSE
ÉCRÉMAGE
Écoulement
ETUVE
LAITERIE
CHAMBRE FROIDE
SALLE DE TRAITE

poudre de lait. Après ensemencement, le mélange est distribué dans les récipients à l'aide de l'emplisseuse. Les récipients capsulés sont introduits dans l'étuve, d'où ils sortiront pour être aussitôt entreposés en chambre froide à + 3°C.

Dans ces conditions, les possibilités de souillure sont pratiquement inexistantes.

Les tuyauteries, la vaisselle laitière sont nettoyés après chaque utilisation. Les détergents et désinfectants utilisés varient d'une exploitation à l'autre, leurs formules se rapprochent de celles étudiées plus haut.

GERMES LOTS	1	2	3	4	5	6
	1	0	3	0	0	0
Coliformes par ml..	0	0	0	0	0	1
	1	0	5	0	0	0
	0	0	Aerobacter	0	0	0
E. Coli..	0	0	0	0	0	Aerobacter
	0	0	Aerobacter	0	0	0
	50	12	0	0	0	0
Levures/ml..	0	0	0	10	0	500
	3	6	0	0		0
	0	0	0	0	0	0
Moisissures/ml.. ..	0	0	2	0	0	0
	1	2	0	0	0	0
Rapport	0,4	3,5	2	4,2	1,5	2,7
Streptoc.	2,6	2,5	1,4	6,5	1,8	1,8
Bacill	2,5	1,1	0,84	2,0	2,4	3,0

Résultats d'analyses effectuées à partir d'échantillons prélevés à des dates différentes chez six producteurs différents.

Les recherches bactériologiques faites sur les yaourts de production fermière n'ont jamais révélé la présence de germes dangereux.

Le cultivateur joue le rôle d'un ouvrier spécialisé. Il apporte à sa fabrication les précautions d'hygiène nécessaires à la bonne marche de sa production.

Une enquête effectué auprès des grossistes et des consommateurs a permis de montrer que les yaourts de production fermière en concurrence sur le même étal avec des yaourts de fabrication industrielle avaient la préférence de la clientèle dans 85 % des cas en ce qui concerne le yaourt nature.

Ceci est dû à plusieurs facteurs : les caractères organoleptiques sont constants, liés à une bonne qualité du lait et à une conduite toujours identique du procédé de fabrication; les yaourts sont frais parce que livrés chaque jour, les récipients non vendus sont repris par le fournisseur après deux ou trois jours de conservation; par ailleurs, le consommateur fait confiance à un producteur qu'il connaît bien et à qui il pourra faire part de ses éventuelles remarques.

CONCLUSION

Le but de cette étude a été de démontrer que la fabrication du yaourt à petite échelle était parfaitement possible malgré les problèmes rencontrés communs à tous les fabricants, qu'elle était tout à fait rentable pour l'exploitant qui trouve là une solution heureuse pour ajuster un budget de plus en plus compromis dans la mutation que connaît l'agriculture aujourd'hui.

La fabrication de yaourt reste sans doute l'apanage de certains agriculteurs décidément orientés vers la production du lait, et dont les récents investissements ne permettent que difficilement un nouveau changement d'orientation.

La fabrication n'a cessé d'augmenter au cours des dernières années pour atteindre une production annuelle voisine de 2.500 tonnes; elle ne représente cependant qu'environ 1 % de la production nationale de laits fermentés.

Une exploration rationnelle et approfondie des marchés permettrait une augmentation sensible des débouchés. Sur le plan de la qualité et des prix, cette fabrication artisanale demeure compétitive, les frais généraux sont insignifiants par rapport à ceux engagés par les grandes laiteries pour le ramassage, le stockage du lait et la distribution de leurs produits. De tous les produits dérivés du lait susceptibles

d'être transformés sur le lieu même de la production, lait cru ou pasteurisé, crème, beurre ou fromage, le yaourt est celui qui laisse à l'agriculteur la marge bénéficiaire la plus importante.

La difficulté de diversifier la production peut apparaître comme un obstacle. Il est en effet délicat à cet échelon de préparer des yaourts brassés aux fruits ou aromatisés par exemple ce qui requiert une technicité et des investissements trop importants. Mais il s'agit là aussi, de curiosités alimentaires qui souvent sont passagères. En fait, il semble bien assuré que les yaourts aux fruits ne prendront pas le marché du yaourt nature.

Le yoghourt quel qu'il soit, n'est pas seulement une gourmandise délicieuse doublée d'un aliment sain, il semble correspondre à un besoin physiologique dans les conditions modernes d'existence. L'extension continue de son marché paraît assuré pour longtemps.

Le maintien et l'extension de cette production à l'échelle fermière se justifie par la nécessité de développer une économie de transformation et de vente des produits au niveau de l'exploitation. La production de yaourt en particulier demeure un facteur de rentabilité efficace.

Vu :

Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire, Rapporteur :

LABIE

Vu :

Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire :

R. FLORIO.

Vu :

Le Président de la Thèse,

ROUX

Vu : *Le Doyen,*

LAZORTHES.

Vu et permis d'imprimer :

à Toulouse, le 9 janvier 1970

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

C. CHALIN.

BIBLIOGRAPHIE

ANGEVINE (N.D.). — The milk messenger, 1955, n° 5, pages 7 et 8, *Le yoghourt.*

CHARON (A.). — Le yaourt lyophilisé, répercussion économique et sociale. Exposé au XII[e] Congrès International du Froid (Madrid, 1967).

GALESLOOT (Th. E.). — Recherches sur la consistance du Yoghourt. *Nederland Melk en Zwiveltydschrift,* vol. XII, n° 2, pages 130-165.

GAVIN (M.). — L'effet combiné de la chaleur et de l'acidité sur la conservabilité du yaourt. *Milchwissenchaft,* 1966, n° 21 (2), pages 85-87.

GUIRGUINOV (T.). — Quelques particularités de la technologie et des qualités alimentaires et diététiques du yoghourt bulgare. *Techniques laitières,* 1959, n° 276, pages 23-30.

MERCIER (P.). — Le yaourt, point de vue de l'hygiéniste et de l'expert. *Ann. Fals. Exp. chim.,* 1961.

MOCQUOT (G.). — Caractéristiques du bioghourt d'après la littérature. *Industries laitières,* 1959, n° 159, pages 323-325.

PETTE (J.W.). — Le yoghourt et ses problèmes. *Le lait,* 1959, n° 39, pages 382-398.

RAKSHY (S.E.). — L'effet du chauffage lors de la pasteurisation du yoghourt et du lait acidifié. *Milchwissenchaft,* 1966, n° 21, pages 81-84.

VASQUEZ (D.) et REITER (B.). — Fabrication du yoghourt à partir du lait contaminé par la pénicilline. *Dairy Industries,* 1962, chap. XVII, pages 525-528.

VEISSEYRE (R.). — Techniques laitières modernes, 1 volume, 560 pages, *La Maison Rustique,* Paris, 1957.

YAZIGIOGLU (A.) et YICMAZ (W.). — Etudes sur la microflore du yaourt et son action antimicrobienne. *Milchwissenchaft,* 1966, n° 21 (2), pages 87-92.

WOLFRUN (O.). — Compte rendu du XIV[e] Congrès International de Laiterie de Rome. Nouvelle méthode de préparation du yaourt. *Le lait,* 1959, n° 39, pages 381-382.

N... — Une fabrication modèle de yoghourt à Francfort-sur-le-Main. *Technique laitière,* 1959, n° 279, pages 15-17.

N... — Production du yaourt homogène en Italie. *Le technicien du lait,* 1967, n° 10, pages 32-39.

N... — Le froid facteur de qualité; fabrication et distribution des yaourts et fromages frais dans la région parisienne. *Industries laitières,* 1959, n° 155, pages 198 et 39.

N... — Laboratoire Coopératif, sept. 1961. « Comment choisir vos yaourts ».

N... — Chiffres clé de l'Economie laitière française; Fédération Nationale de l'Industrie Laitière (Service Information, oct. 1968), 140, bd Hausman, Paris (8[e]).

Table des Matières

— Introduction 11

— PREMIERE PARTIE : Le Yaourt ou Yoghourt 13

— Définition 13

— Historique 13

Aspects généraux 15

— Principe de fabrication 15

— Technique de fabrication 23

Aspects qualitatifs 33

— Les caractères organileptiques 33

— Valeur nutritive et thérapeutique 38

Aspect hygiénique et sanitaire 42

— La législation 42

— Moyens de contrôle : les analyses 49

— Quelques résultats 52

— DEUXIEME PARTIE :

— Définition et origine de cette production 55

— Aspects techniques 59

— Les matières premières 59

— Matériel spécifique pour la fabrication de yaourt . . 63

— La fabrication 69

Aspects économiques 70

Aspects hygiéniques et qualitatifs 75

— CONCLUSIONS 79

— BIBLIOGRAPHIE 81